

PROJETO TEMÁTICO EM CONCEÇÃO E PRODUÇÃO ASSISTIDA POR COMPUTADOR

Suporte de Bicicletas

Grupo 1

Aluno 1 - nº121289

Aluno 2 - nº121348

Aluno 3 - nº118692

Aluno 4 - nº115216

Gonçalo Figueira - nº 109438



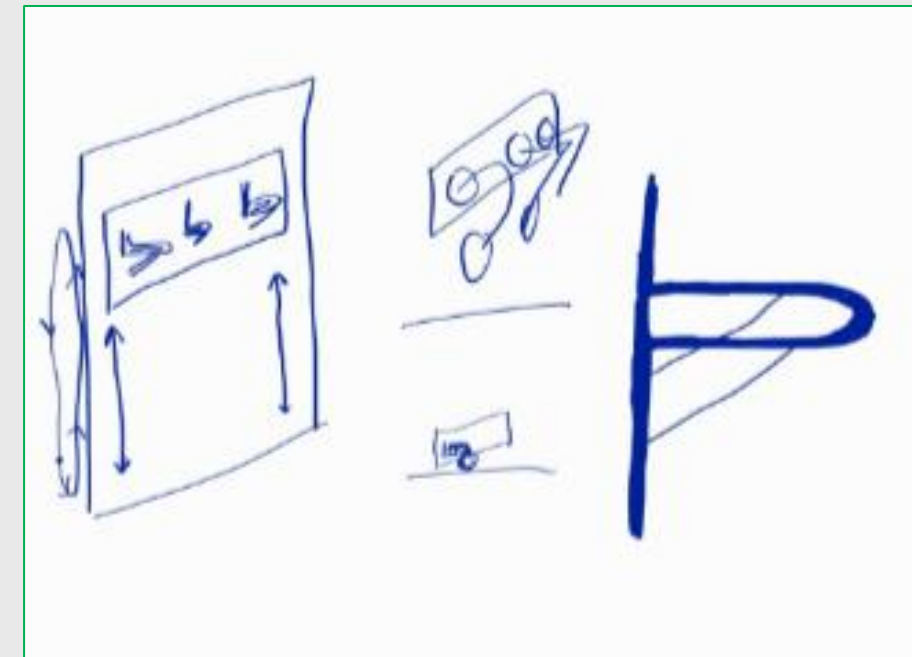
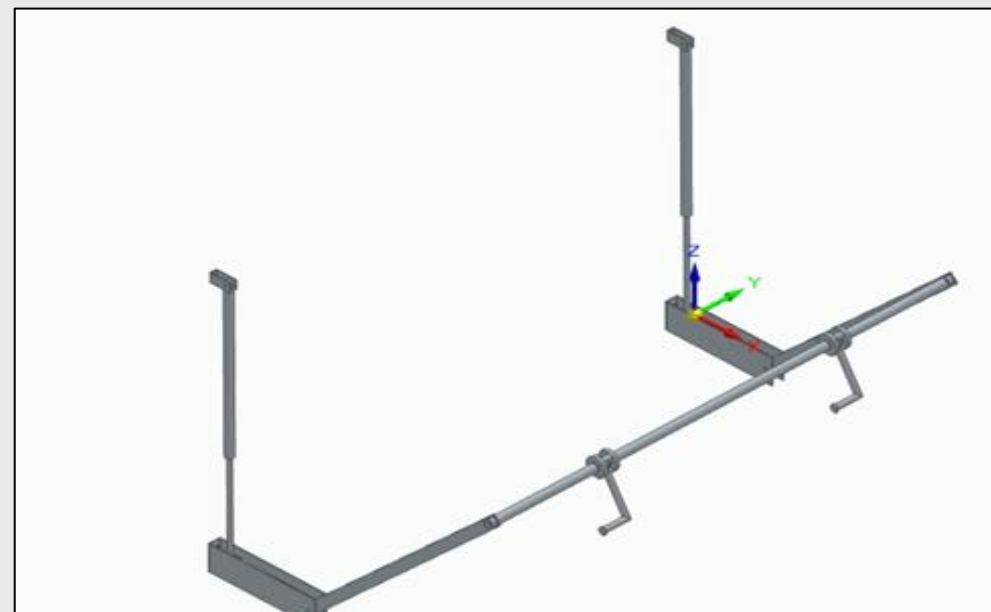
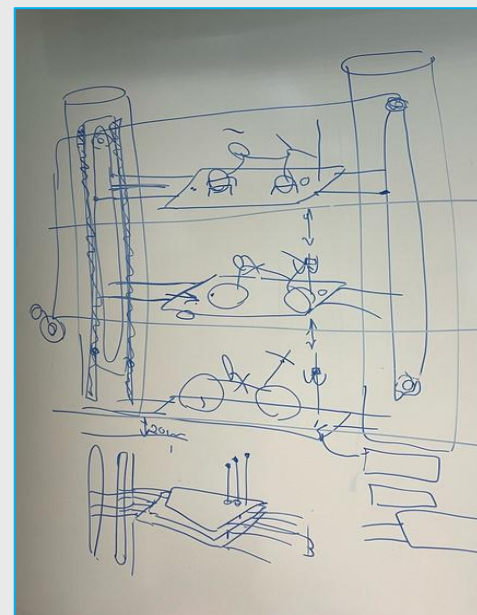
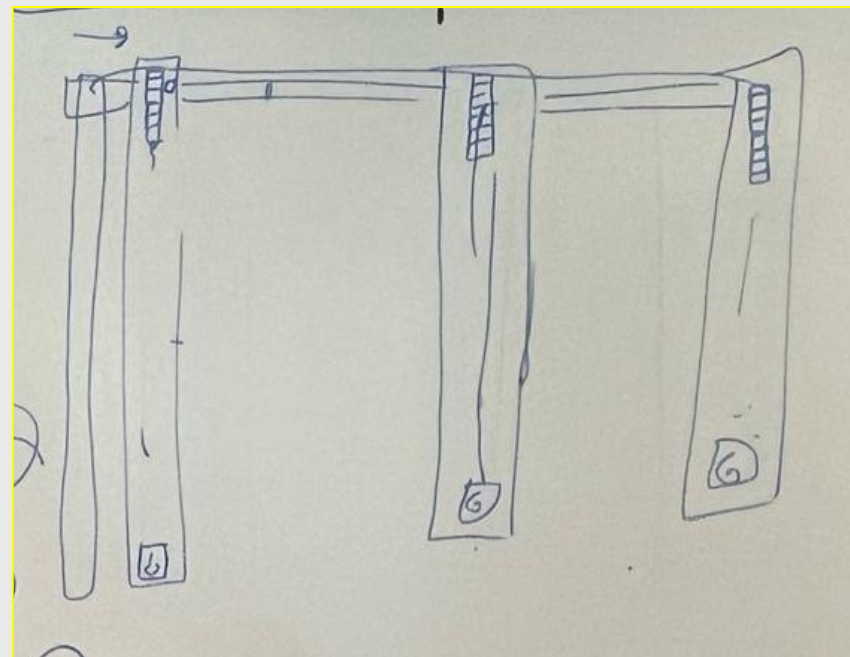


Introdução

- Enunciado e objetivos gerais;
- Relação do Projeto com as disciplinas
 - Resistência dos Materiais
 - Processos de Fabrico
 - Engenharia e Fabrico Assistido por Computador

Evolução do conceito

- Evolução da ideia;
- Apresentação breve do projeto final;



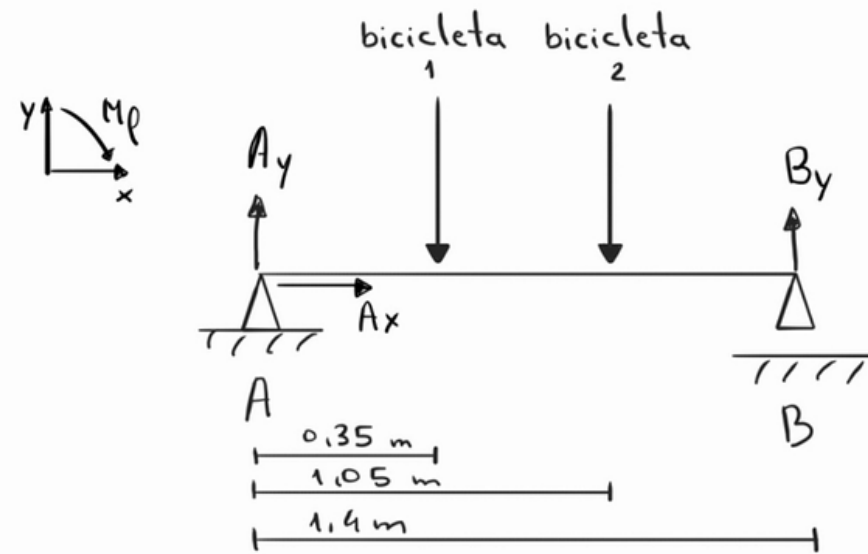
Escolha dos materiais

1. Alumínio AW 6063
2. Aço ST37

Tensão de Cedência	Fator de Segurança	Tensão Admissível
170 MPa	1,5	133,33 MPa
235 MPa		156,67 MPa

- Quais peças são feitas de qual material?
- Motivo de escolha
- Tensão de cedência e tensão admissível

Dimensionamento do braço central

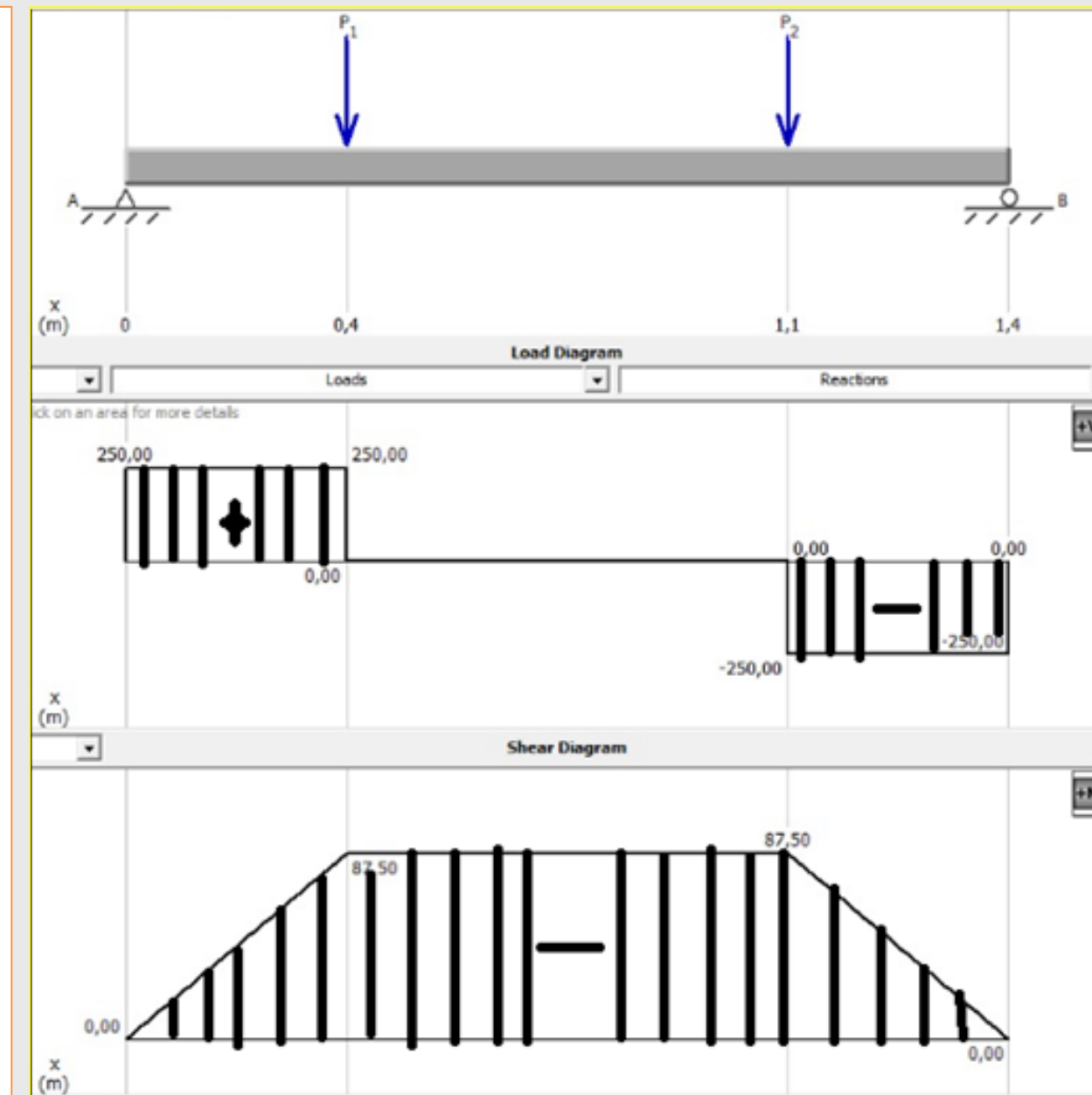


$$\begin{cases} \sum F_x = 0 \\ \sum F_y = 0 \Leftrightarrow \\ \sum M_A = 0 \end{cases}$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} A_x = 0 \\ A_y + B_y = 0 \\ 245 \times 0,35 + 245 \times 1,05 - B_y \times 1,4 = 0 \end{cases} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} A_x = 0 \\ A_y + B_y = 0 \\ 245 \times (0,35 + 1,05) = B_y \times 1,4 \end{cases} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} A_x = 0 \\ A_y = -245N \Leftrightarrow \\ B_y = 245N \end{cases}$$



Dimensionamento do braço central

- Devido à tensão de cedência do Alumínio ser inferior à do Aço, obrigava a que o diâmetro da barra fosse maior, logo era muito mais robusta.
- Esteticamente o alumínio é muito mais bonito;
- Não requer tratamento contra corrosão (como galvanização ou pintura).

$$\sigma_{Admissivel} = \frac{M_{fletor\ máximo}}{W_{yy}} \leftrightarrow$$

$$\leftrightarrow W_{yy} = \frac{M_{f_máx}}{\sigma_{Adm}} = \frac{85,75}{113,33 \times 10^6} = 7,56 \times 10^{-7} m^3 = 0,756 cm^3$$

Por fim, procurou-se o valor na tabela abaixo e escolheu-se o valor acima: 0,953 cm³.

$$\sigma_{Adm} = \frac{M_f}{W_{yy}} = \frac{85,75}{0,953} = 90,01 MPa < 113,33 MPa \leftrightarrow$$

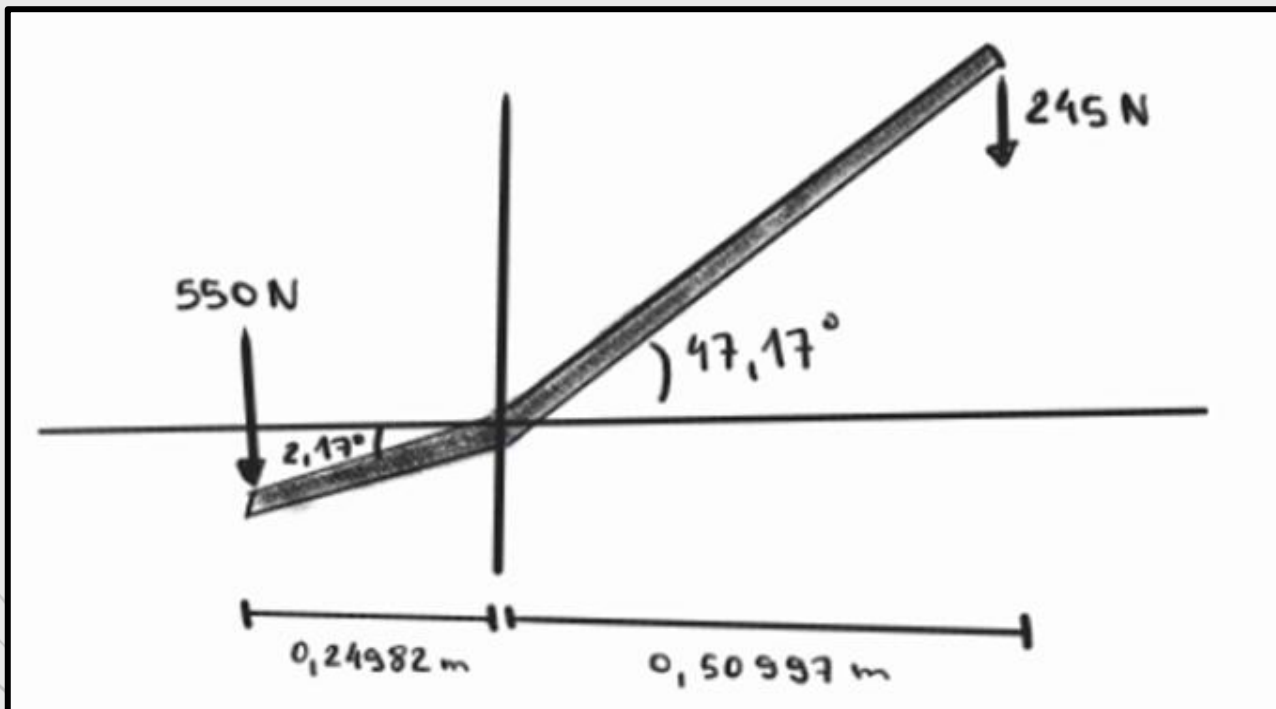
- Diâmetro Externo – 22 mm
- Espessura – 5 mm
- Diâmetro Interno – 12 mm
- Comprimento – 1,40 m
- Peso – $(0,757 \times 1,40) = 1,06 kg$

Alumínio AW 6063

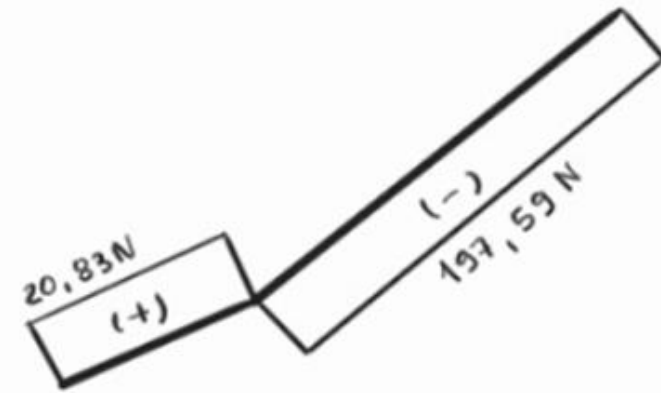
Øext x Øint (mm)	e (mm)	Peso (kg/m)	I _{xx} = I _{yy} (cm ⁴)	W _x = W _y (cm ³)	6060 6063*	6082
8 x 5	1,50	0,087	0,017	0,043	⊙	-
8 x 6	1,00	0,062	0,014	0,034	⊙	-
9,9 x 5,6	2,15	0,148	0,042	0,086	⊙	-
10 x 8	1,00	0,090	0,029	0,058	⊙	-
11 x 8	1,50	0,127	0,052	0,094	⊙	-
12 x 8	2,00	0,178	0,082	0,136	⊙	-
12 x 10	1,00	0,098	0,053	0,088	⊙	-
13,1 x 10,5	1,30	0,137	0,085	0,130	⊙	-
14 x 12	1,00	0,116	0,087	0,124	⊙	-
15 x 10	2,50	0,278	0,199	0,266	⊙	-
15 x 12	1,50	0,180	0,147	0,196	⊙	-
15 x 13	1,00	0,125	0,108	0,144	⊙	-
15,21 x 9,78	2,72	0,302	0,218	0,286	⊙	-
16 x 12	2,00	0,249	0,220	0,275	⊙	⊙
16 x 13	1,50	0,194	0,182	0,227	⊙	-
17 x 13	2,00	0,267	0,270	0,317	⊙	-
17,12 x 10,97	3,08	0,385	0,351	0,410	⊙	-
18 x 15	1,50	0,220	0,267	0,296	⊙	-
18 x 16	1,00	0,151	0,194	0,215	⊙	-
19 x 15	2,00	0,303	0,391	0,412	⊙	-
20 x 12	4,00	0,570	0,684	0,684	⊙	-
20 x 14	3,00	0,454	0,597	0,597	⊙	-
20 x 16	2,00	0,321	0,464	0,464	⊙	-
20 x 17	1,50	0,247	0,375	0,375	⊙	-
21 x 15	3,00	0,481	0,706	0,673	⊙	-
22 x 12	5,00	0,757	1,048	0,953	⊙	-

Dimensionamento do braço lateral

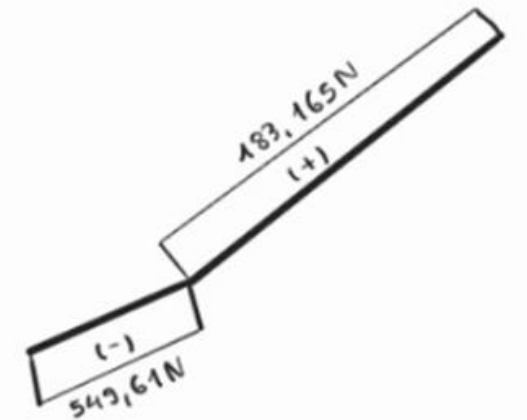
- Posição do pior momento fletor



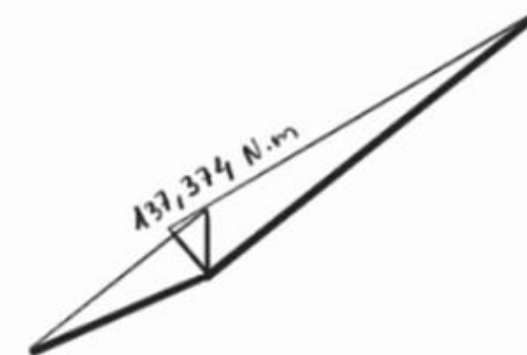
DEN :



DEC :



DMF :



0 - 0,24982mm:

$$M_{f(x)} = -549,6055 \times x$$

$$M_{f(0)} = -549,6055 \times 0$$

$$M_{f(0,25)} = -549,6055 \times 0,250 = 137,4013Nm$$

0,24982mm - 0,75979mm:

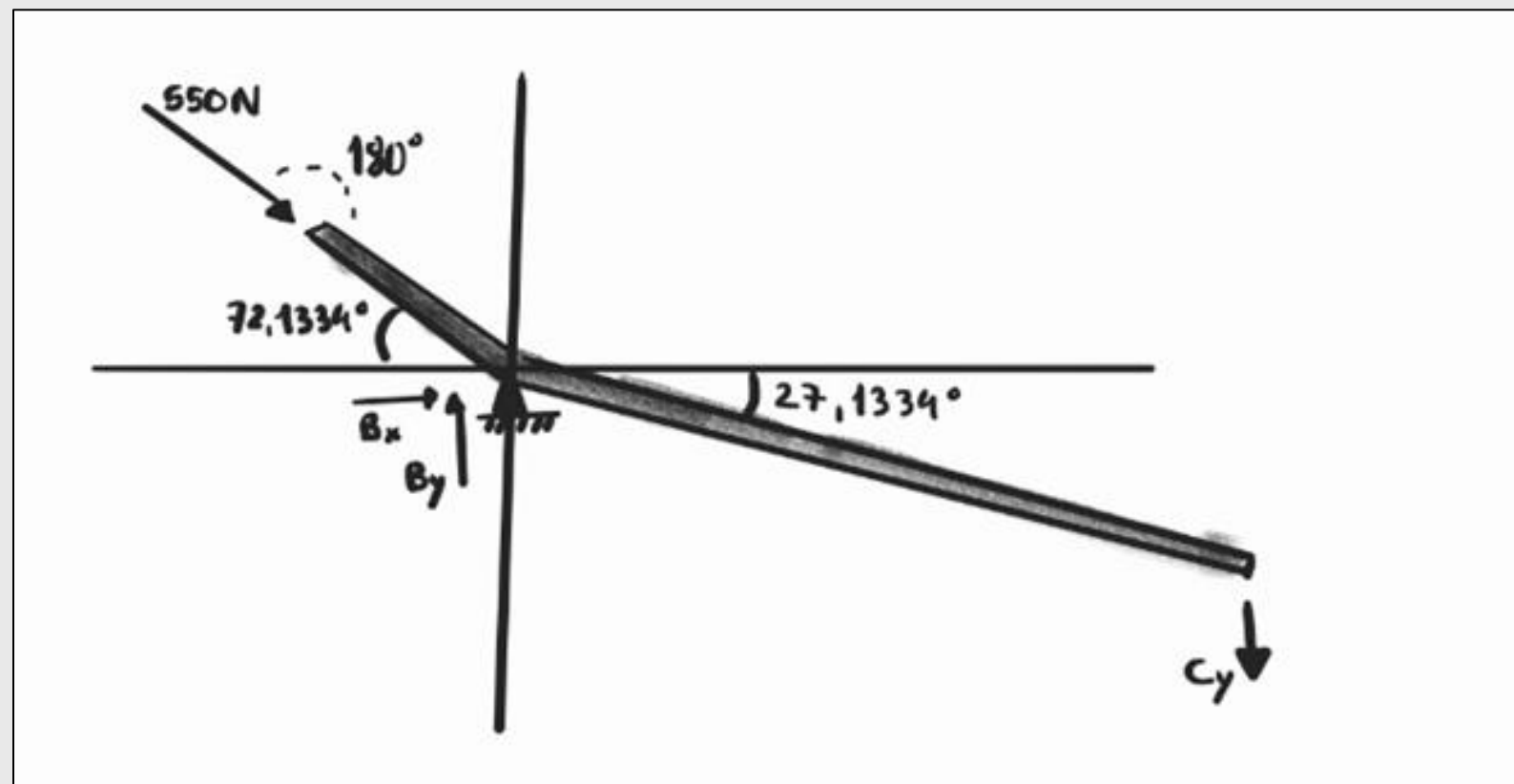
$$M_{f(x)} = -183,1653 \times x$$

$$M_{f(0)} = -183,1653 \times 0$$

$$M_{f(0,75)} = -183,1653 \times 0,750 = 137,3739Nm$$

Dimensionamento do braço lateral

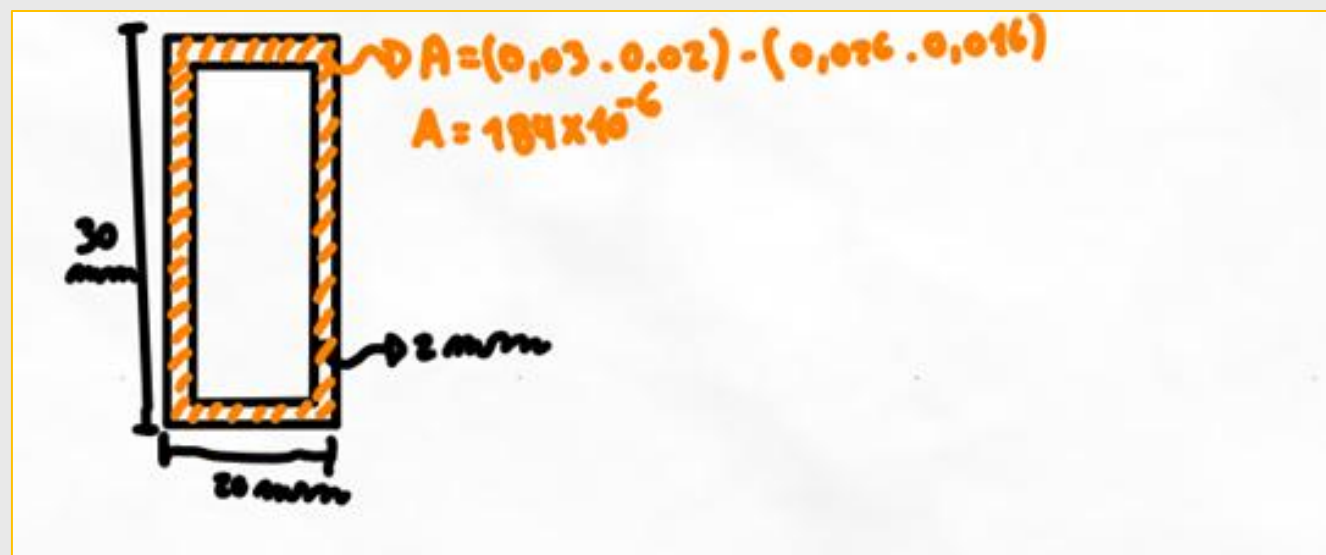
- Posição da maior força axial



- Posição de Carregamento das bicicletas
- Posição do suporte arrumado

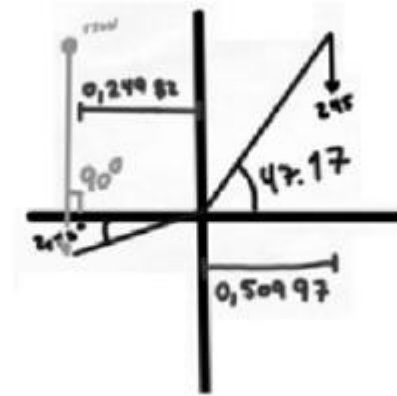
Dimensionamento do braço lateral

$$W_{yy} = \frac{M_{f_máx}}{\sigma_{Admissível}} = \frac{137,374}{113,33 \times 10^6} = 1,21 \times 10^{-6} m^3 = 1,21 cm^3$$



b x h (mm)	e (mm)	Peso (kg/m)	I _{xc} (cm ⁴)	I _{yx} (cm ⁴)	W _x (cm ³)	W _y (cm ³)	6060 6063*	6082
20 x 10	1,5	0,230	0,118	0,380	0,236	0,380		-
20 x 10	2,0	0,295	0,138	0,462	0,276	0,462		-
20 x 15	1,5	0,272	0,318	0,509	0,424	0,509		-
20 x 15	2,0	0,352	0,385	0,625	0,513	0,625		-
25 x 12	1,5	0,289	0,226	0,764	0,377	0,611		-
25 x 15	1,5	0,315	0,386	0,888	0,515	0,711		-
30 x 10	1,5	0,315	0,173	1,102	0,346	0,735		-
30 x 10	2,0	0,408	0,203	1,371	0,406	0,914		-
30 x 15	1,5	0,357	0,455	1,407	0,607	0,938		-
30 x 15	2,0	0,465	0,555	1,764	0,740	1,176		-
30 x 20	1,5	0,400	0,895	1,712	0,895	1,141		-
30 x 20	2,0	0,522	1,113	2,157	1,113	1,438		-
30 x 20	3,0	0,748	1,451	2,887	1,451	1,925		-
30 x 25	1,5	0,442	1,510	2,016	1,208	1,344		-

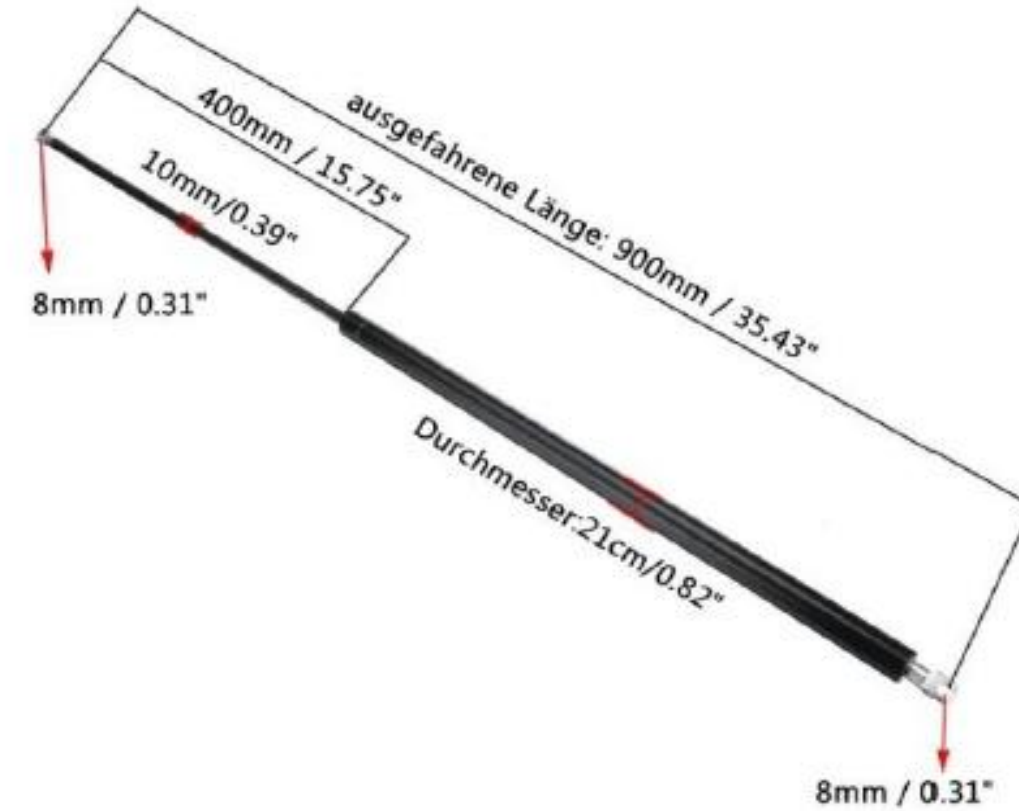
Cilindros



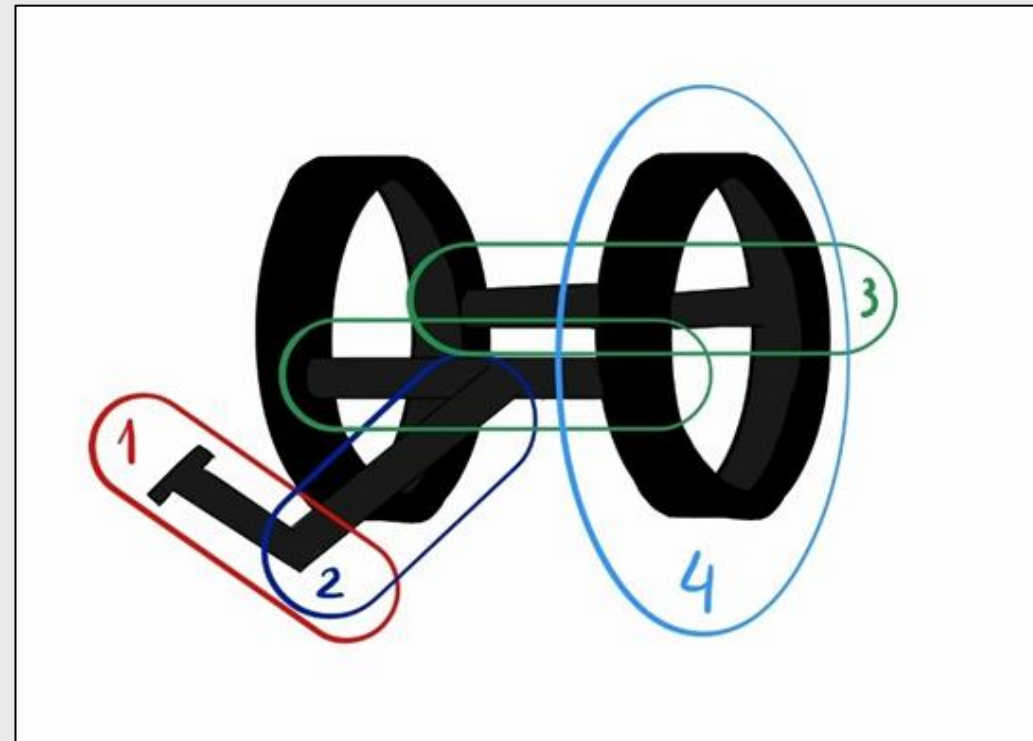
$$245 \times 0,5099 = F_{\text{cilindro}} \times 0,24982 \leftrightarrow$$

$$F_{\text{cilindro}} = \frac{245 \times 0,5099}{0,24982} = 500,13$$

- Cilindros de 550N
- Com uma haste de 900mm máxima e 500mm mínima.
- Os furos de fixação teriam 8mm



Suporte da roda



Bloco 1:

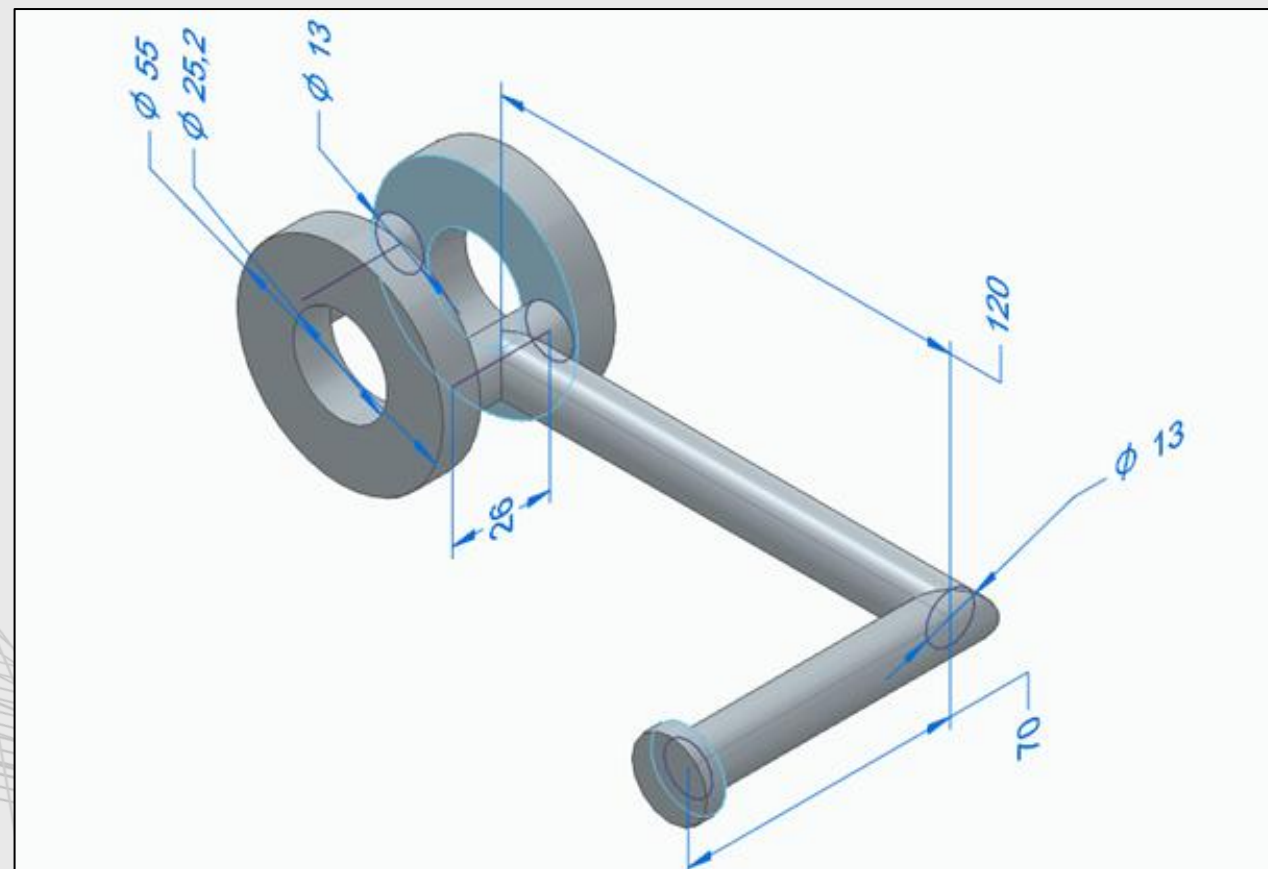
$$\tau_{\text{cisalhamento}} = \frac{F}{A} \leftrightarrow 156,67 \times 10^6 = \frac{245}{(\pi \times r^2)} \leftrightarrow r = 0,7 \text{ mm} \leftrightarrow d = 1,4 \text{ mm}$$

Bloco 2:

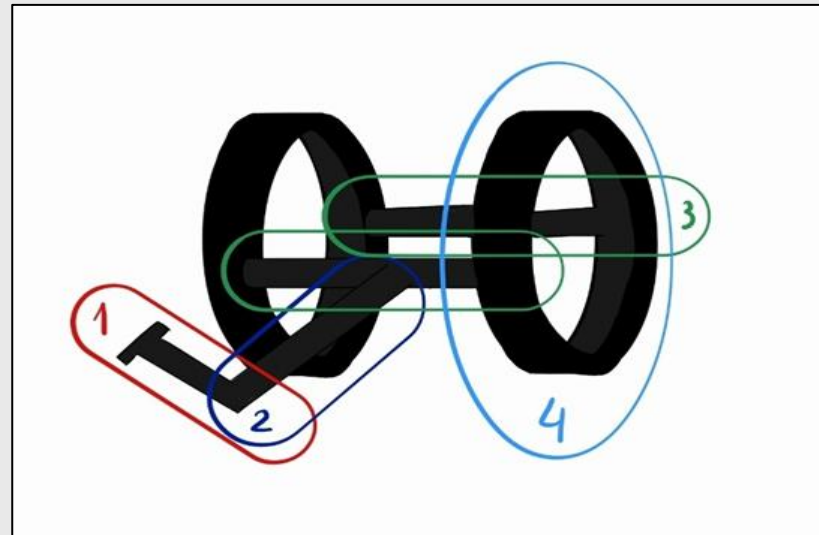
$$M_f = 245 \times 0,12 = 29,94 \text{ N/m}$$

$$\sigma_{\text{máx}} = \frac{M_f \times Z_{\text{máx}}}{I_{yy}} \leftrightarrow 156,67 \times 10^6 = \frac{29,94 \times r}{\frac{1}{4} \times \pi \times r^4} \leftrightarrow$$

$$r = 6,24 \text{ mm} \leftrightarrow d = 12,49 \text{ mm}$$



Suporte da roda



Bloco 3:

$$\tau_{\text{corte}} = \frac{F}{A} \leftrightarrow 156,67 \times 10^6 = \frac{245}{4 \times (\pi \times r^2)} \leftrightarrow$$

$$\leftrightarrow r = 0,35\text{mm} \leftrightarrow d = 0,7\text{mm}$$

Bloco 4:

$$\tau_{\text{corte}} = \frac{F}{A} \leftrightarrow$$

$$\leftrightarrow 156,67 \times 10^6 = \frac{245}{((\pi \times r^2) - (\pi \times (126)^2)) \times 2} \leftrightarrow$$

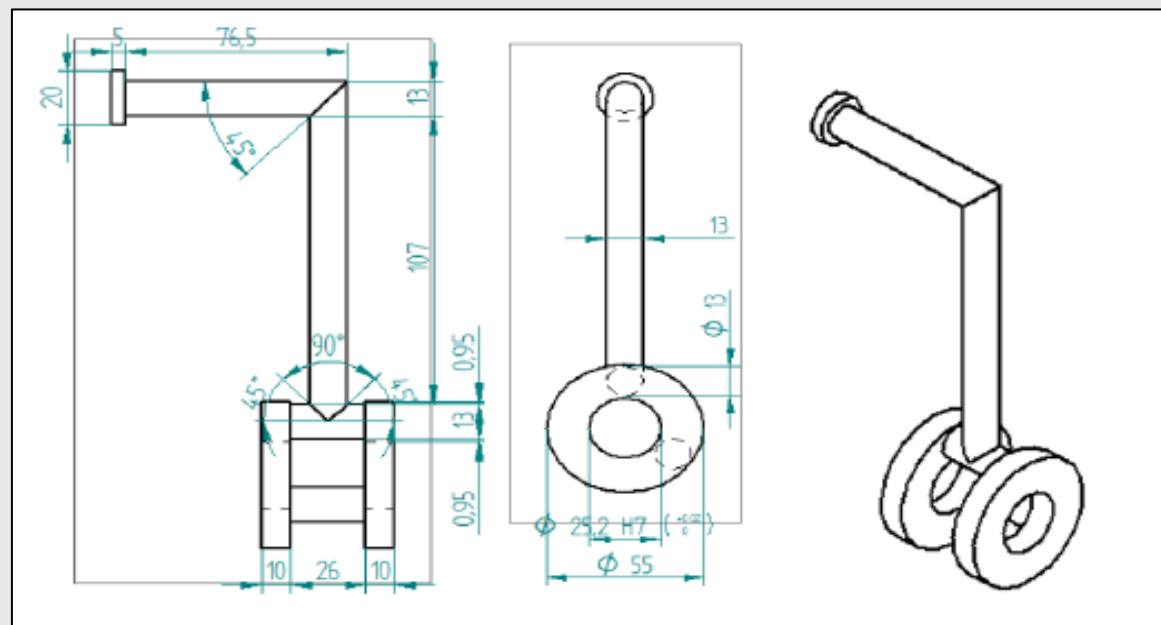
$$\leftrightarrow r = 12,6\text{mm} \leftrightarrow d = 25,2\text{mm}$$

$$\sigma_{\text{esmagamento}} = \frac{F}{A \times 2} = \frac{F}{(\phi \times e) \times 2} \leftrightarrow$$

$$\leftrightarrow 156,67 \times 10^6 = \frac{245}{2 \times (l \times 0,0252)} \leftrightarrow$$

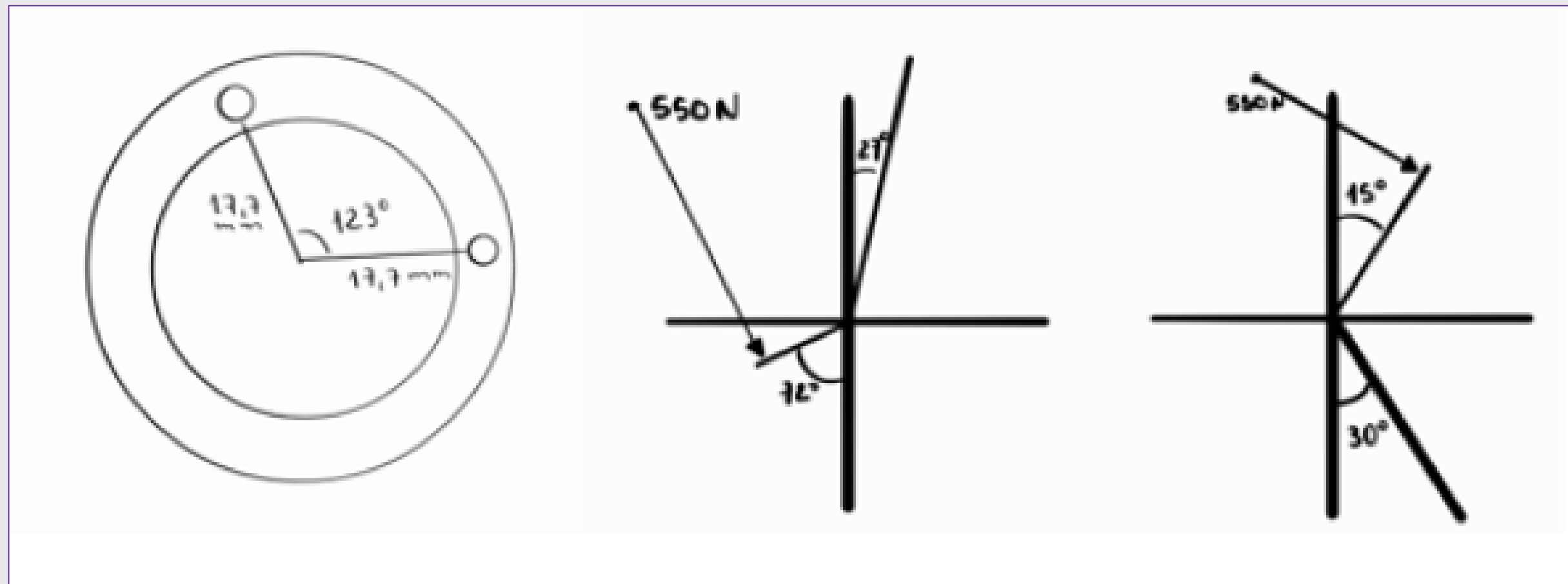
$$\leftrightarrow l = 0,03 \text{ mm}$$

$$\sigma_{\text{arrancamento}} = \frac{F}{A \times 2} = \frac{F}{(d \times e) \times 2} \leftrightarrow$$



“Este está colocado sobre a barra central com o auxílio de uma chumaceira entre as duas superfícies. O material escolhido para o suporte foi o aço ST37, uma vez que, comparado com o alumínio, possui uma tensão de cedência superior, o que permite reduzir as dimensões da peça mantendo a mesma resistência.”

Batentes limitadores de movimento do suporte da garra



$$30^{\circ} + 27^{\circ} = 57^{\circ}$$
$$180^{\circ} - 57^{\circ} = 123^{\circ}$$

Chumaceiras

PAP 2215 P10

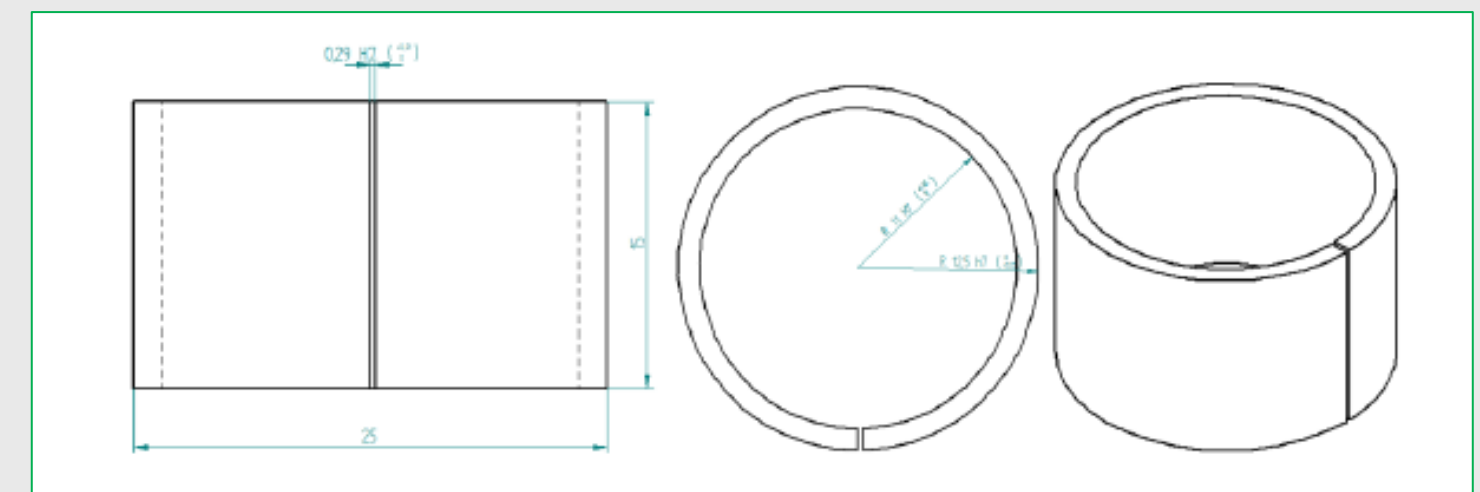
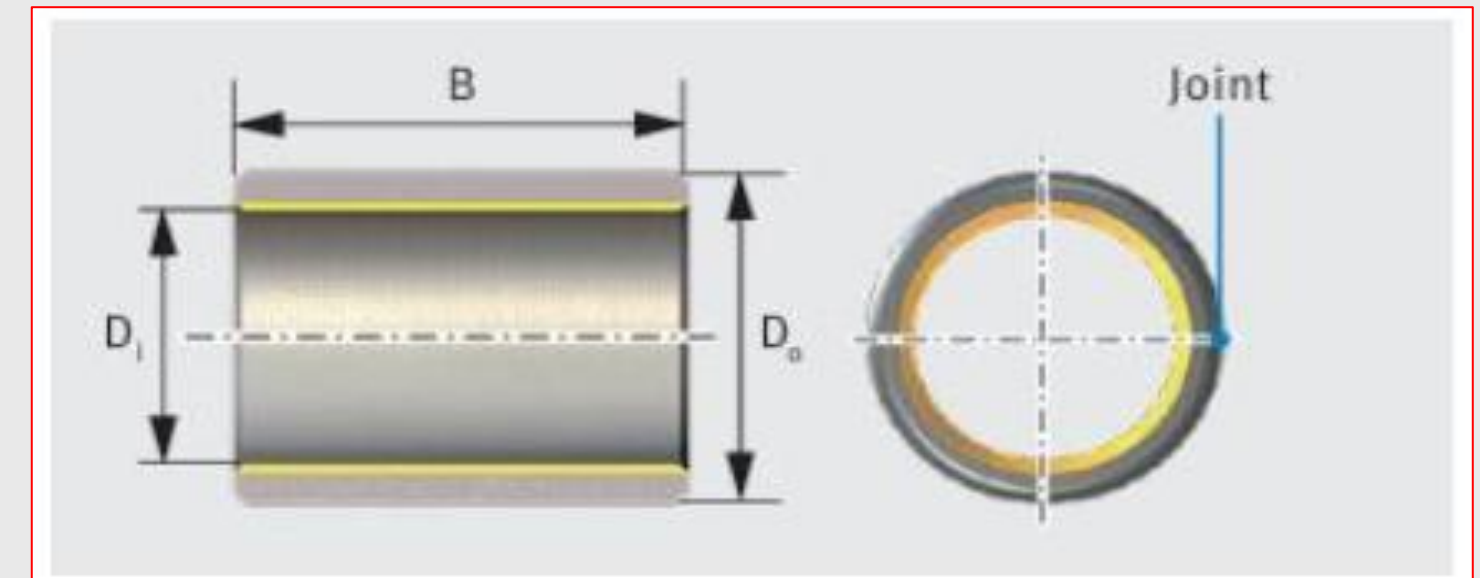
- Como funcionam? Constituição
- Porque escolhemos este modelo

Para garantir o ajuste por pressão, a parede do tubo do braço central deverá ser maquinada até um diâmetro máximo de 22 mm com tolerância H7 (21,979 a 22,021 mm), assegurando uma fixação segura e estável da chumaceira.

No que respeita à resistência mecânica, a carga radial aplicada de 245 N resulta numa pressão específica de 0,74 MPa, obtida pela fórmula:

$$p = \frac{F}{D_i \times B} = \frac{245}{22 \times 15} = 0,74 \text{ MPa}$$

A chumaceira auto lubrificante, fabricada em material padrão P10, composta de aço poroso com PTFE impregnado nos poros que garante a lubrificação, é um componente essencial posicionado entre o suporte e a barra central, garantindo movimento suave e reduzindo o atrito sem necessidade de lubrificação externa.

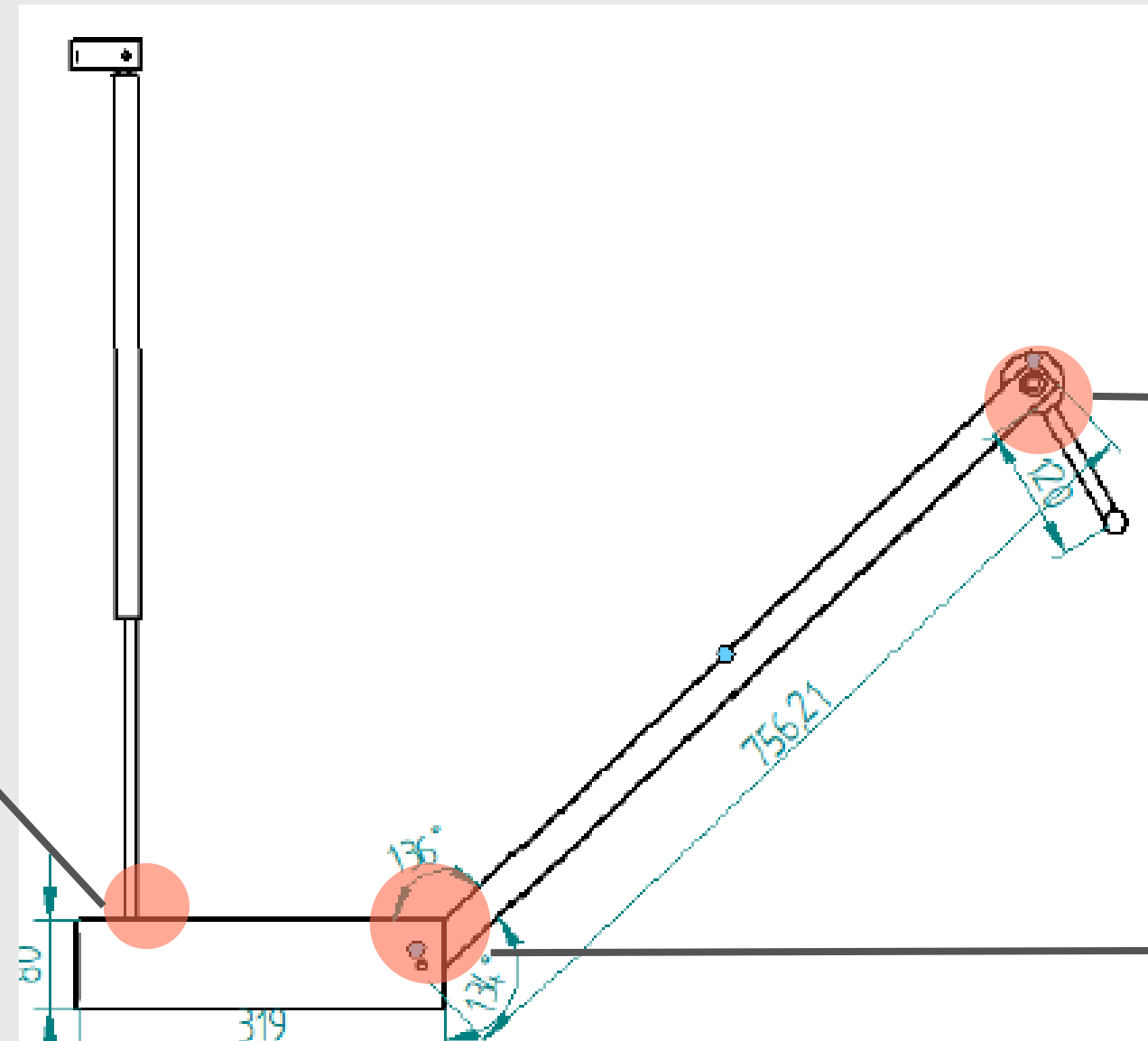


Pinos de articulação

Pino A

Pino C

Pino B



Pinos de articulação – Pino A

$$\sigma_{normal} = \frac{F}{A} \leftrightarrow$$

$$A = \frac{683,1}{156,6 \times 10^{-6} mm^2} \leftrightarrow$$

$$A = \frac{F}{\sigma_{normal}}$$

$$A = 4,36 \times 10^{-6} m^2 = 4,36 mm^2$$

$$\sigma_{arrancamento} = \frac{F}{2 \times e \times l} \leftrightarrow$$

$$l = \frac{550}{2 \times 2 \times (156,6 \times 10^6)} \leftrightarrow$$

$$l = \frac{F}{2 \times e \times \sigma_{admissivel}}$$

$$l = 0,88 \times 10^{-3} m = 0,88 mm$$

$$\tau_{corte} = \frac{F}{A_{pino}} = \frac{F}{2A} \leftrightarrow$$

$$A = \frac{550}{2 \times 156,6 \times 10^6} \leftrightarrow$$

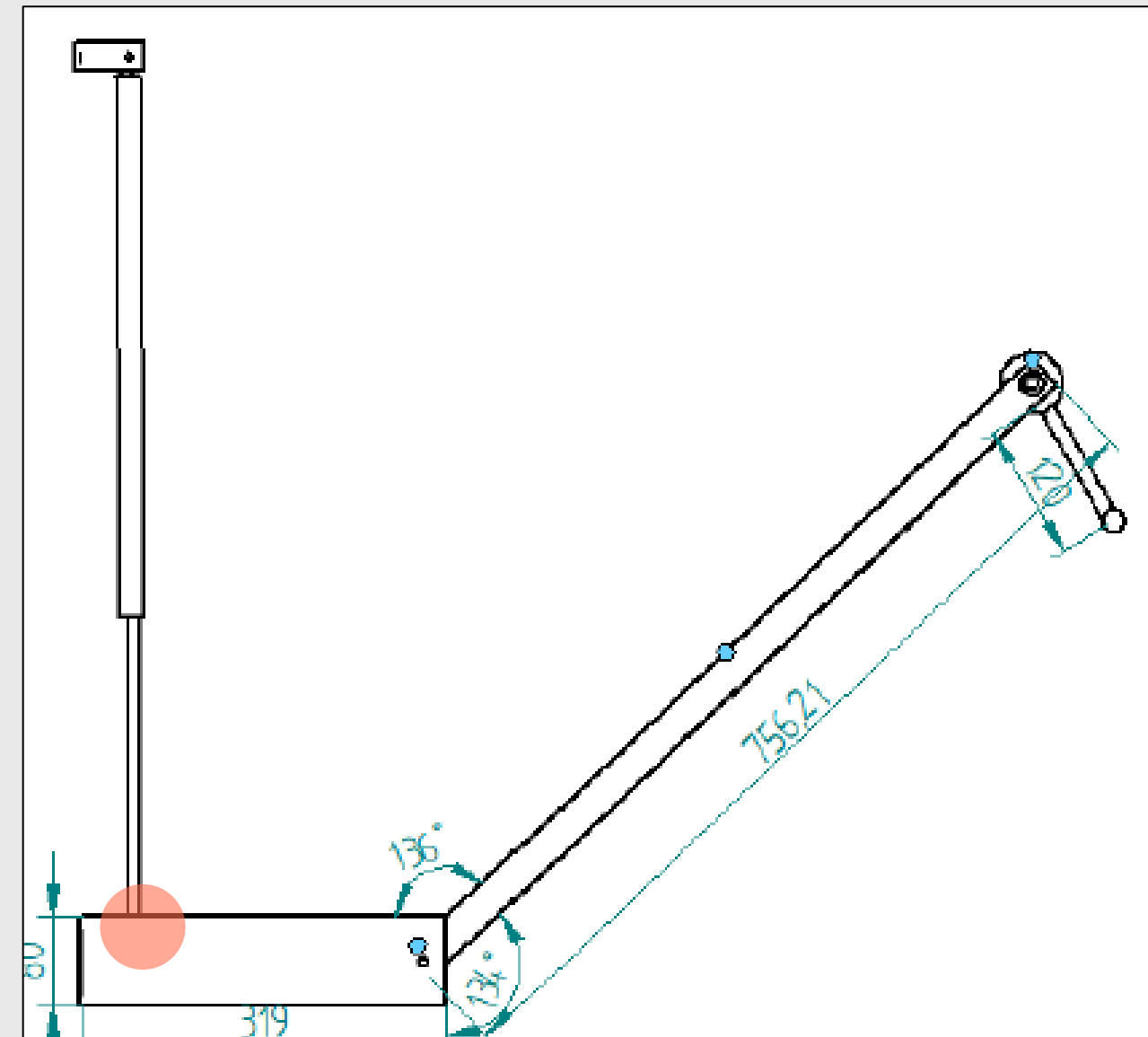
$$A = 3,08 \times 10^{-6} m^2 = 3,08 mm^2$$

$$\sigma_{esmagamento} = \frac{F}{\theta \times e} \leftrightarrow$$

$$e = \frac{550}{2 \times 10^{-3} \times 156,6 \times 10^6} \leftrightarrow$$

$$e = \frac{F}{\theta \times \sigma_{admissivel}}$$

$$e = 3,13 mm$$



No entanto devido ao cilindro ter um furo de fixação de 8mm, adotamos que este pino deveria de ter um valor aproximado. Algo em torno dos 8mm.

Pinos de articulação – Pino B

$$\sigma_{normal} = \frac{F}{A} \leftrightarrow A = \frac{683,1}{156,6 \times 10^{-6} mm^2} \leftrightarrow$$

$$A = \frac{F}{\sigma_{normal}} \quad A = 4,36 \times 10^{-6} m^2 = 4,36 mm^2$$

$$\sigma_{arrancamento} = \frac{F}{2 \times e \times l} \leftrightarrow l = \frac{819,4}{2 \times 2 \times (156,6 \times 10^6)} \leftrightarrow$$

$$l = \frac{F}{2 \times e \times \sigma_{admissivel}} \quad l = 1,31 \times 10^{-3} m = 1,31 mm$$

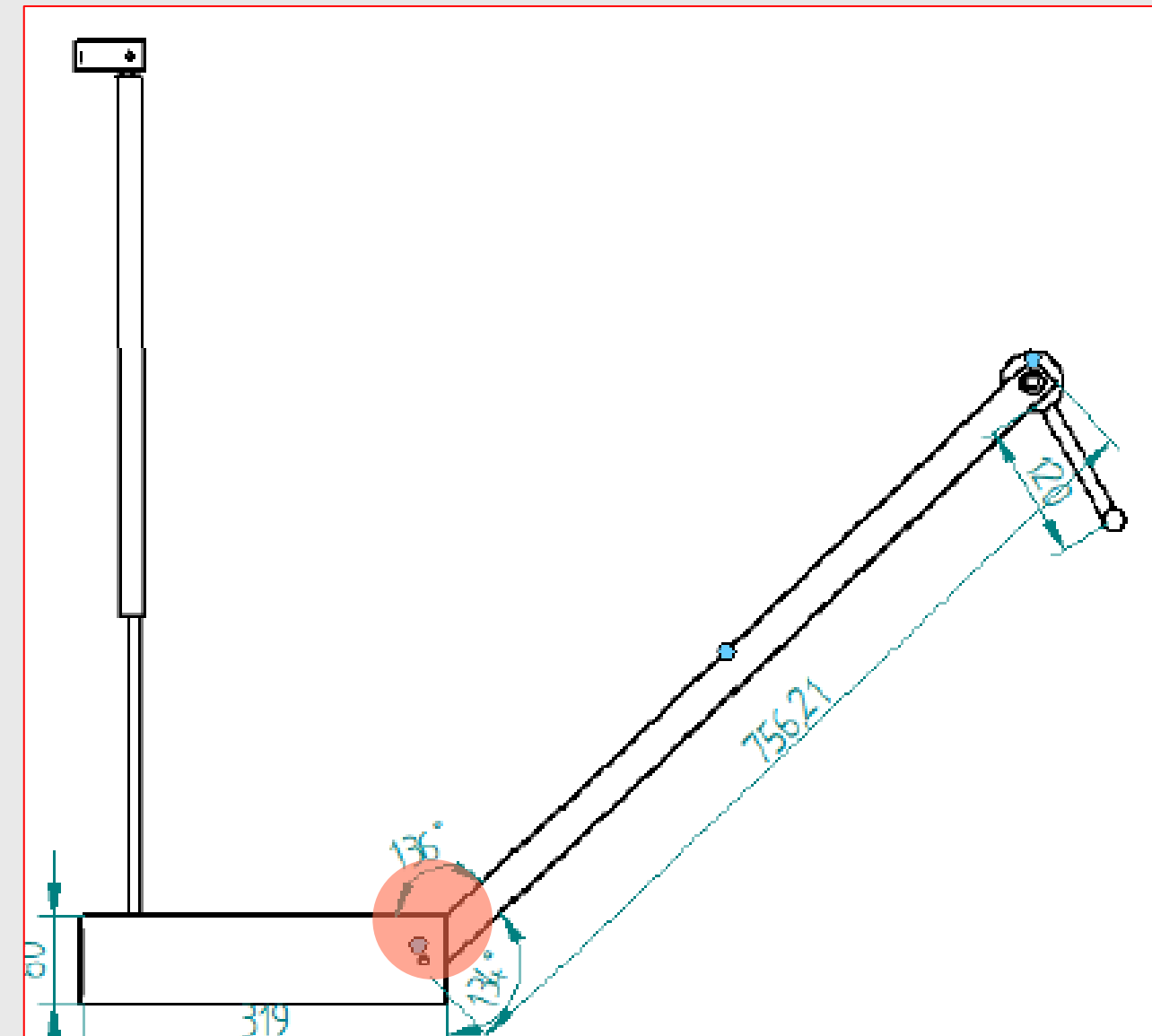
$$\tau_{corte} = \frac{F}{A_{pino}} = \frac{F}{2A} \leftrightarrow A = \frac{819}{2 \times 156,6 \times 10^6} \leftrightarrow$$

$$A = \frac{F}{2\pi} \quad A = 3,86 \times 10^{-6} m^2 = 23,86 mm^2$$

$$\theta = 2 \sqrt{\frac{A}{\pi}} = 2,22 mm \rightarrow 3 mm$$

$$\sigma_{esmagamento} = \frac{F}{\theta \times e} \leftrightarrow e = \frac{819,4}{2,2 \times 10^{-3} \times 156,6 \times 10^6} \leftrightarrow$$

$$e = \frac{F}{\theta \times \sigma_{admissivel}} \quad e = 3,52 mm$$



No entanto devido a termos decidido que o braço lateral teria um furo para o pino do eixo de articulação de 8mm também, sobre dimensionámos este pino para 8 mm.

Pinos de articulação – Pino C

$$\sigma_{normal} = \frac{F}{A} \leftrightarrow$$

$$A = \frac{683,1}{156,6 \times 10^{-6} mm^2} \leftrightarrow$$

$$A = \frac{F}{\sigma_{normal}}$$

$$A = 4,36 \times 10^{-6} m^2 = 4,36 mm^2$$

$$\sigma_{arrancamento} = \frac{F}{2 \times e \times l} \leftrightarrow$$

$$l = \frac{269,43}{2 \times 2 \times (156,6 \times 10^6)} \leftrightarrow$$

$$l = \frac{F}{2 \times e \times \sigma_{admissivel}}$$

$$l = 0,43 \times 10^{-3} m = 0,43 mm$$

$$\tau_{corte} = \frac{F}{A_{pino}} = \frac{F}{2A} \leftrightarrow$$

$$A = \frac{269,43}{2 \times 156,6 \times 10^6} \leftrightarrow$$

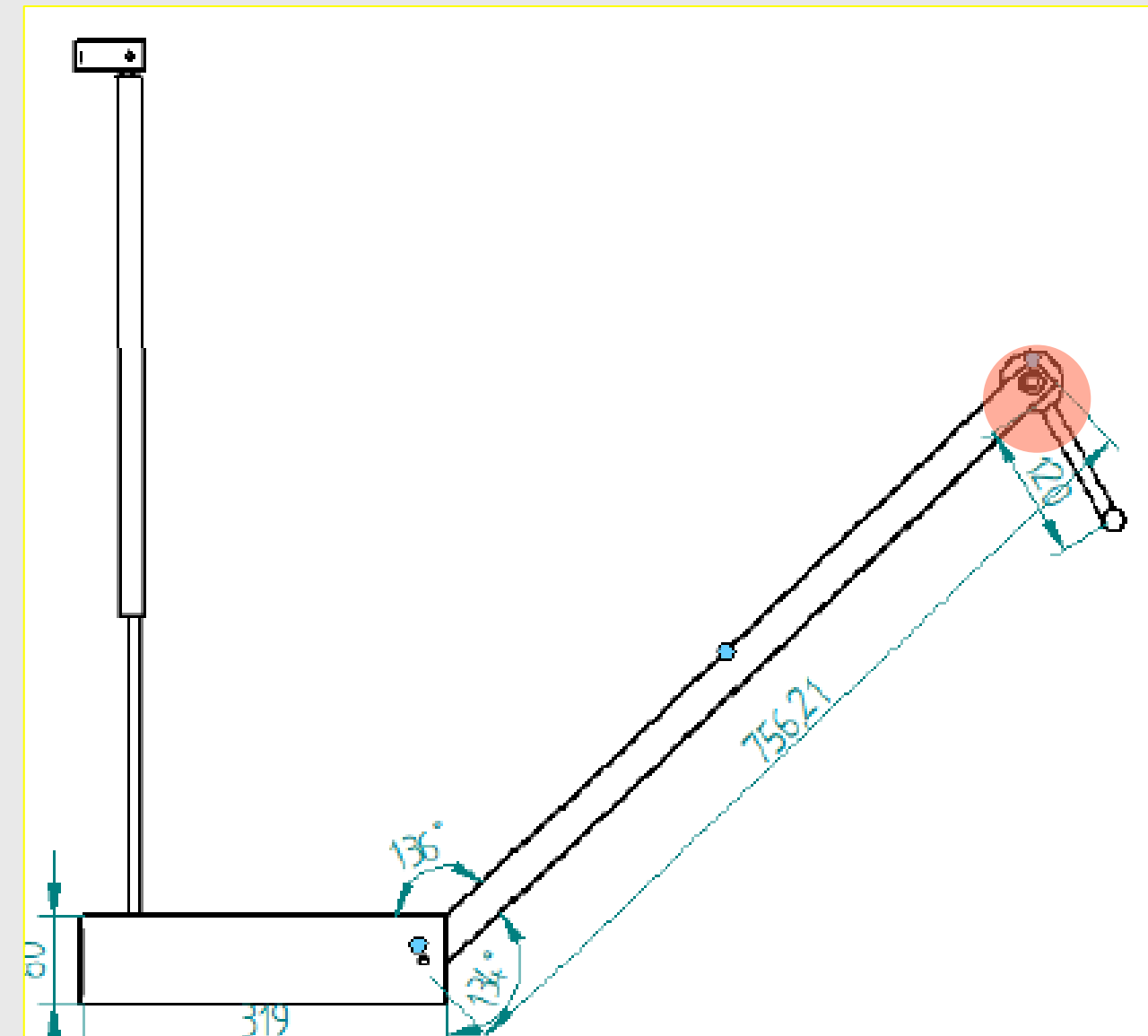
$$A = \frac{F}{2\pi}$$

$$A = 7,82 \times 10^{-7} m^2 = 0,782 mm^2$$

$$\theta = 2 \sqrt{\frac{A}{\pi}} = 0,0997 mm \rightarrow 1 mm$$

$$\sigma_{esmagamento} = \frac{F}{\theta \times e} \leftrightarrow$$

$$e = \frac{269,43}{1 \times 10^{-3} \times 156,6 \times 10^6} \leftrightarrow e = 1,58 mm$$



Embora calculado, fez-se a escolha de fazer uma ligação soldada nesta articulação.

Pinos de limitação do movimento

$$\tau_{\text{corte}} = \frac{F}{2 \times A} = \frac{F}{2 \times \pi r^2}$$

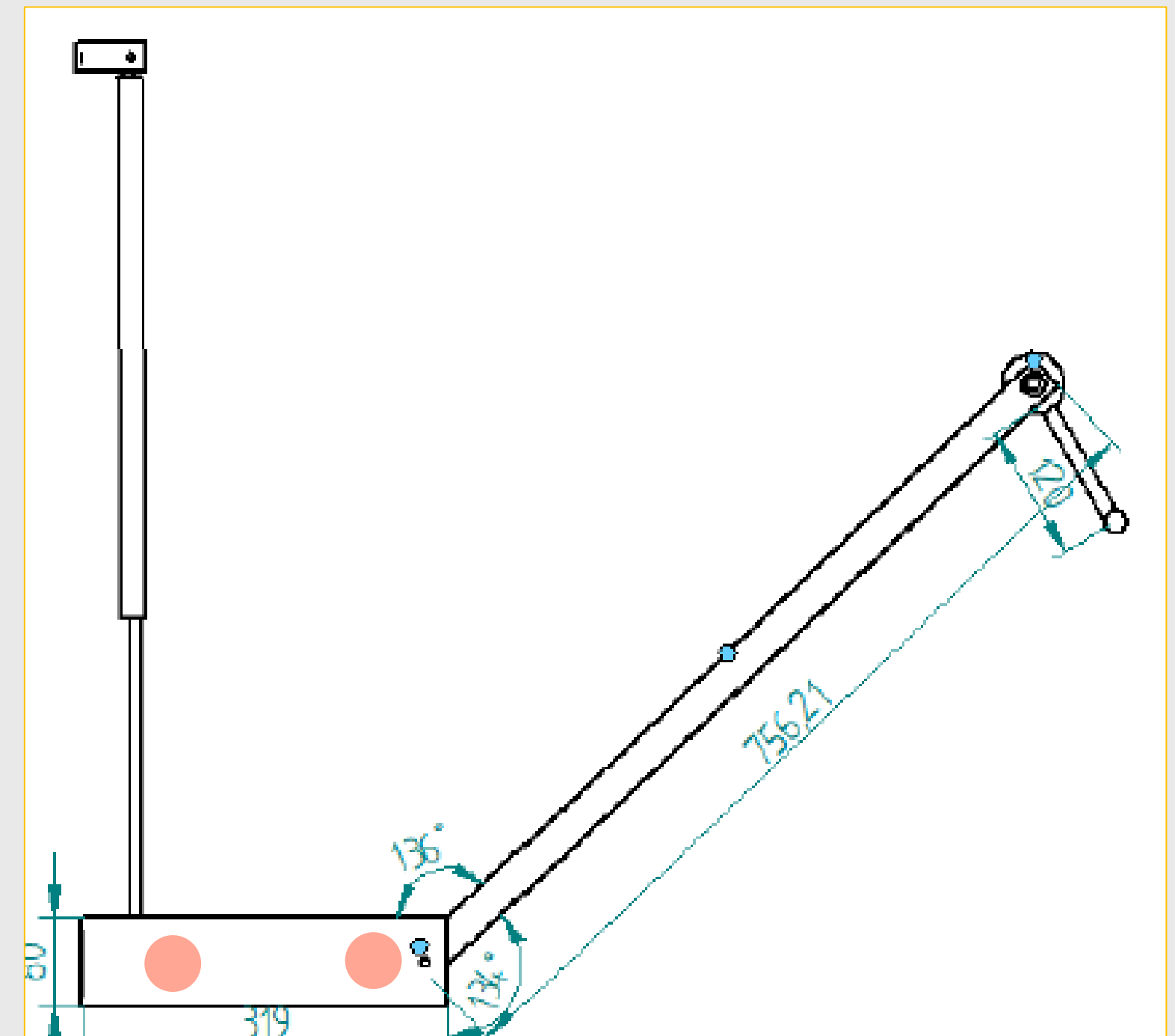


$$\frac{550}{2 \times \pi r^2} \leq 156,67 \times 10^6$$

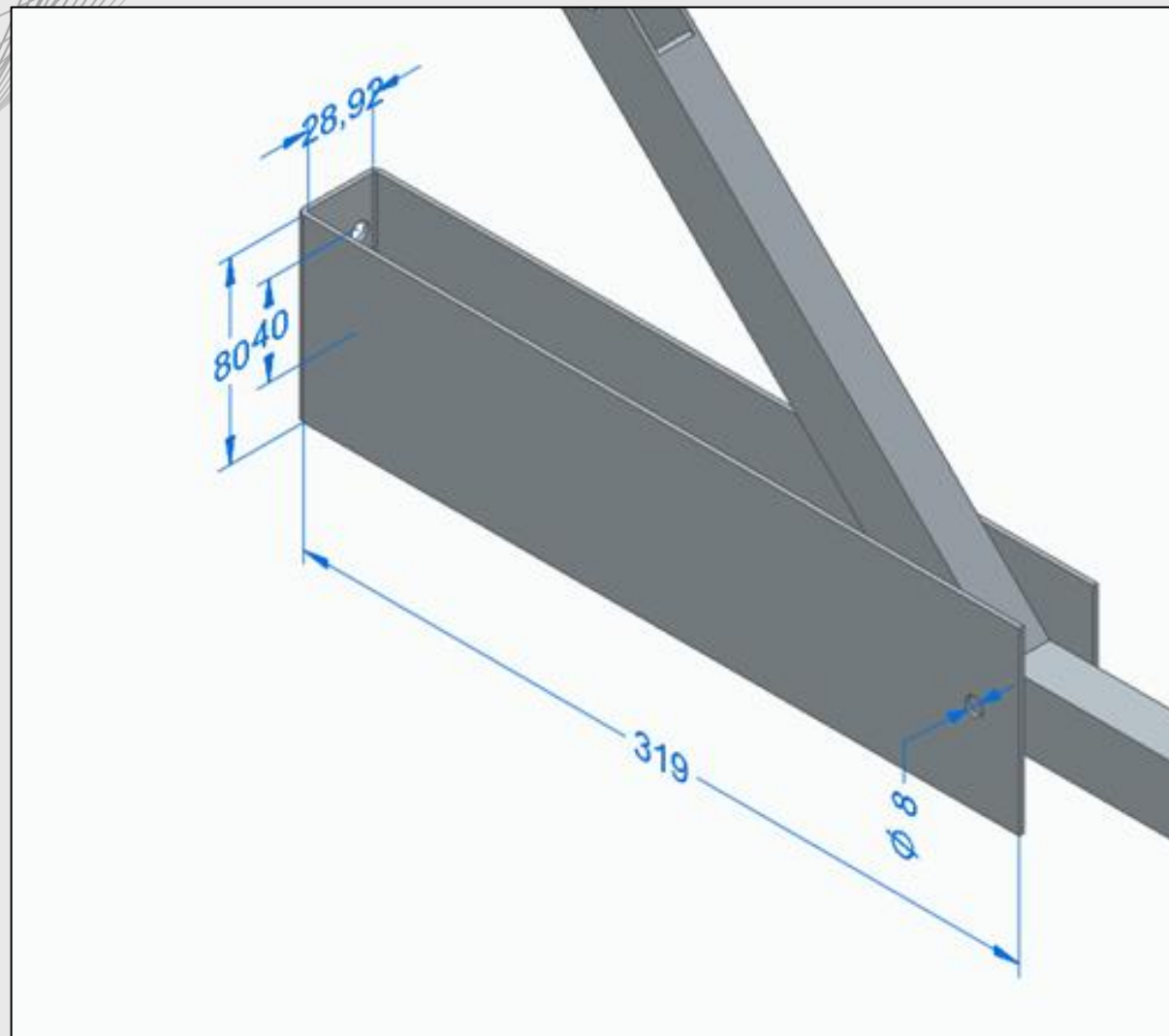
$$r \geq \sqrt{\frac{550}{2 \times \pi \times 156,67 \times 10^6}} = 7,472 \times 10^{-4} m = 0,7472 mm$$

$$\frac{245}{2 \times \pi r^2} \leq 156,67 \times 10^6$$

$$r \geq \sqrt{\frac{245}{2 \times \pi \times 156,67 \times 10^6}} = 4,988 \times 10^{-4} m = 0,4988 mm$$



Chapa de suporte



$$M1 = M2 \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow F_{\text{braço}} \times 0,3 = A_x \times 0,02 \Leftrightarrow$$

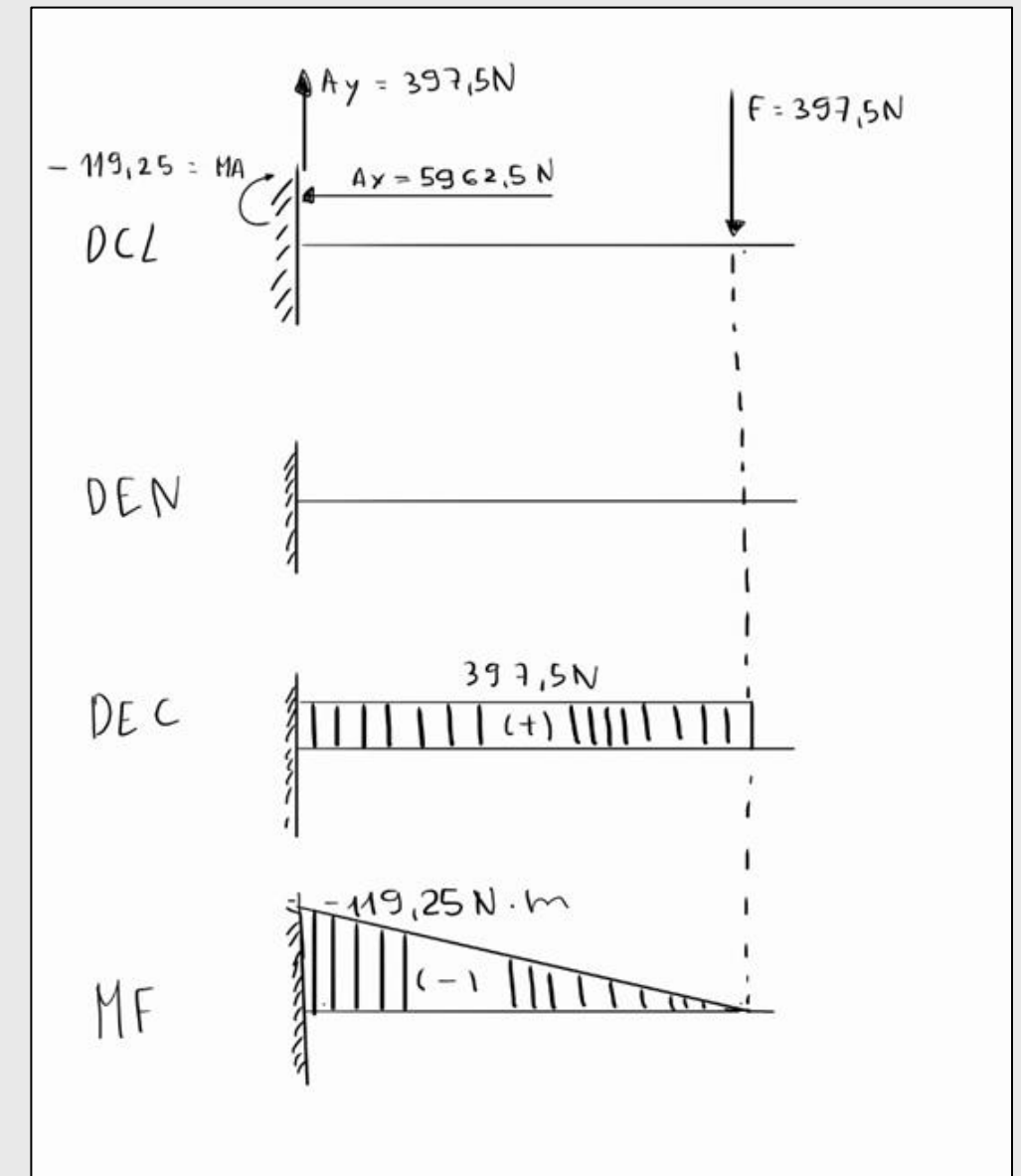
$$\Leftrightarrow 397,5 \times 0,3 = A_x \times 0,02 \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow A_x = 5962,5 \text{ N}$$

$$\begin{cases} \sum F_x = 0 \\ \sum F_y = 0 \Leftrightarrow \\ \sum M_A = 0 \end{cases}$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} A_x = 0 \\ A_y - 397,5 = 0 \\ M_A + (397,5 \times 0,3) = 0 \end{cases} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} A_x = 0 \text{ N} \\ A_y = 397,5 \text{ N} \\ M_A = -119,25 \text{ N} \end{cases} \Leftrightarrow$$

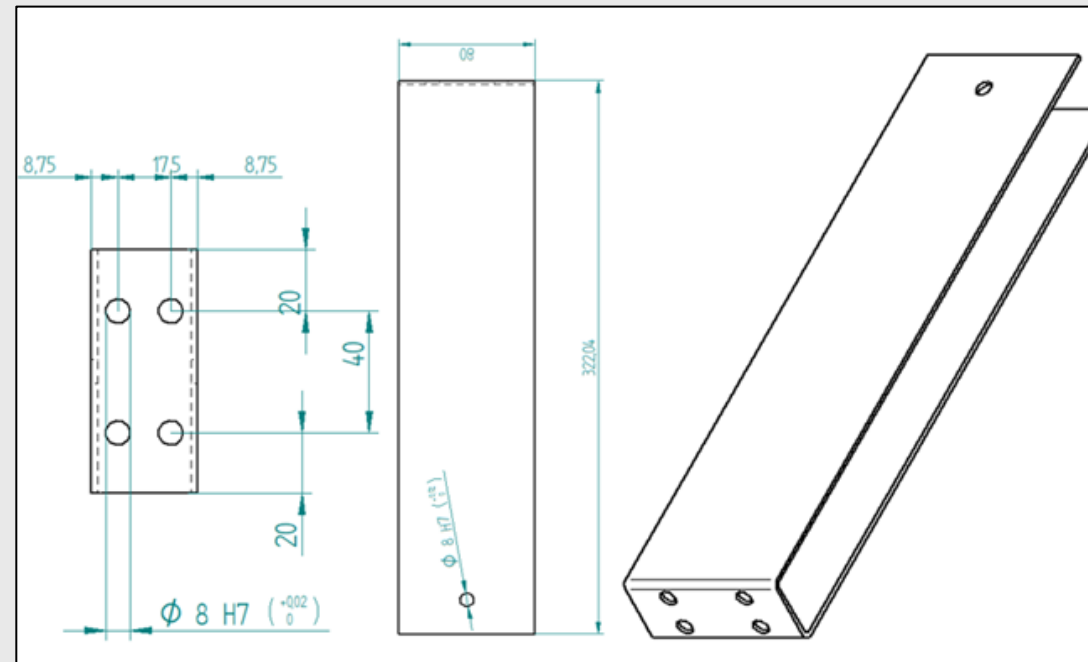


$$Mf(x) = 397,5 X + M_A$$

$$Mf(0) = 0 + M_A = -119,25 \text{ N.m}$$

$$Mf(0,3) = 397,5 \times 0,3 + M_A = 119,25 - 119,25 = 0 \text{ N.m}$$

Chapa de suporte



Verificar se a chapa suporta o esmagamento e momento fletor:

$$\sigma_{\text{esmagamento}} = \frac{F}{A} = \frac{F}{\phi \times e} = \frac{397,5}{(2,14 \times 10^{-3}) \times e} = \frac{3,3944 \times 10^{-3}}{2} = 0,59 \text{ mm}$$

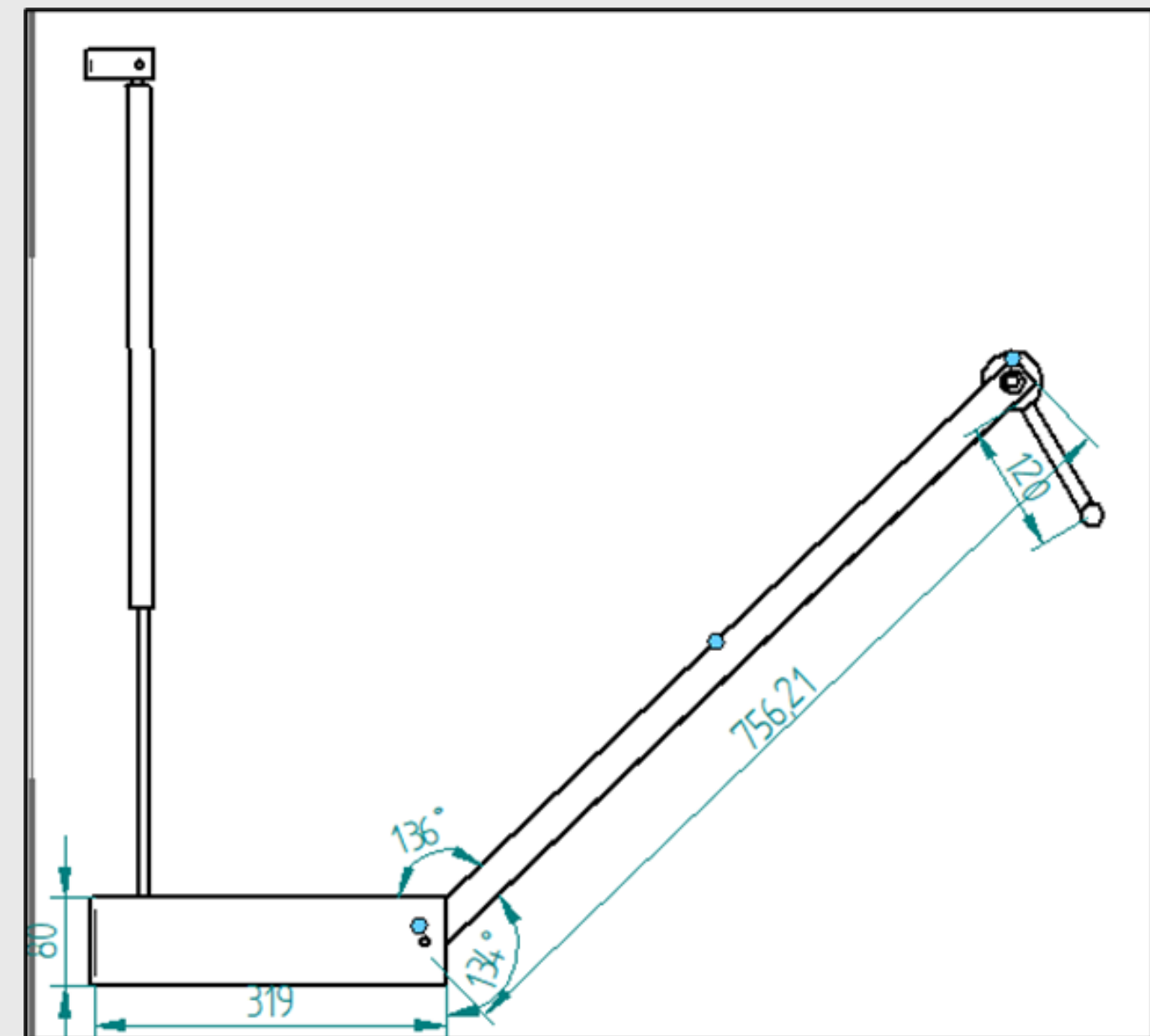
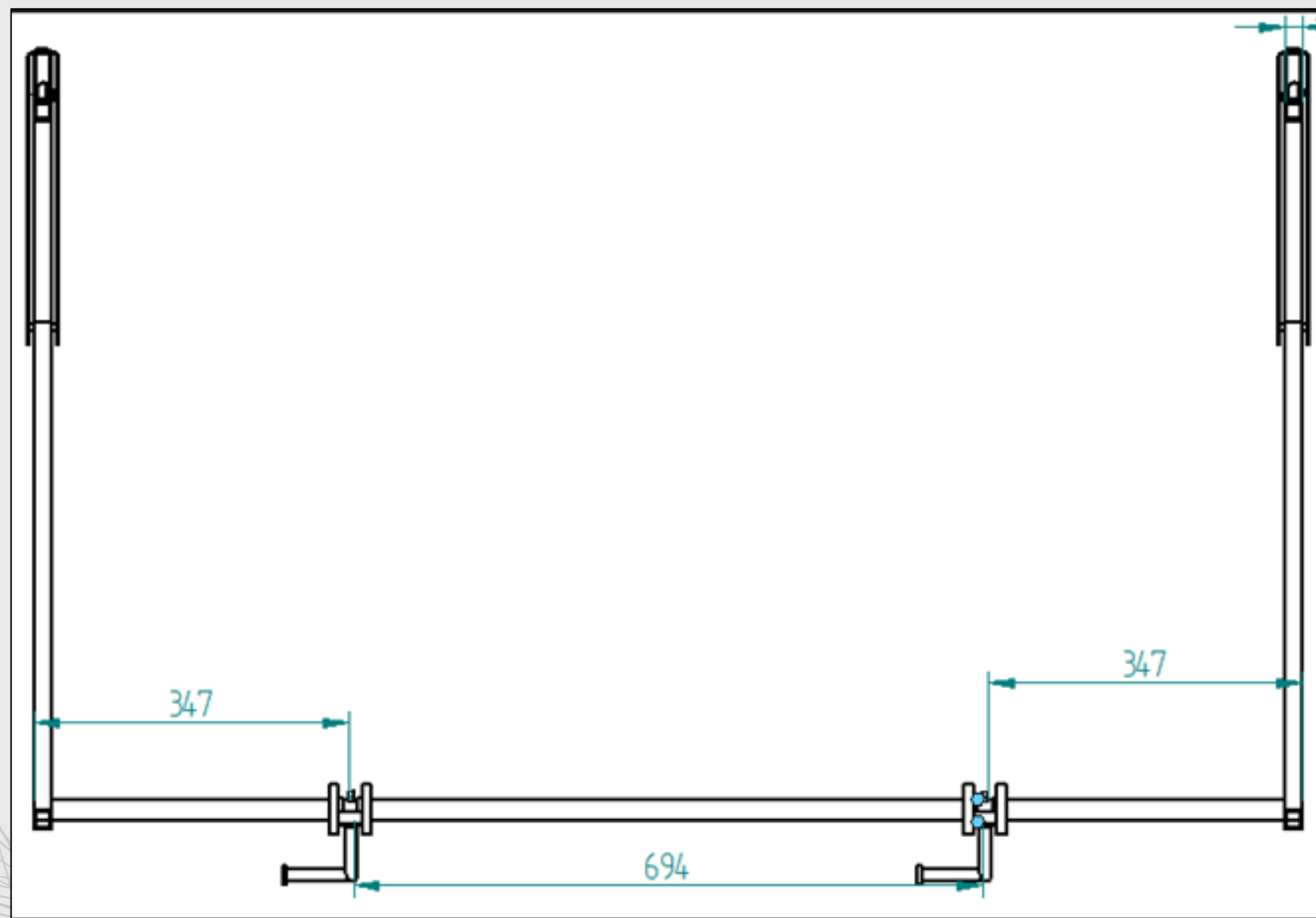
$$\sigma_{\text{admissível}} = \frac{M_f \times Z_{\text{máx}}}{I_{yy}} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow 156,67 \times 10^6 = \frac{M_f \times Z_{\text{máx}}}{\frac{E \times (0,08)^3}{12} - \frac{E \times (8 \times 10^{-3})^3}{12}} \Leftrightarrow$$

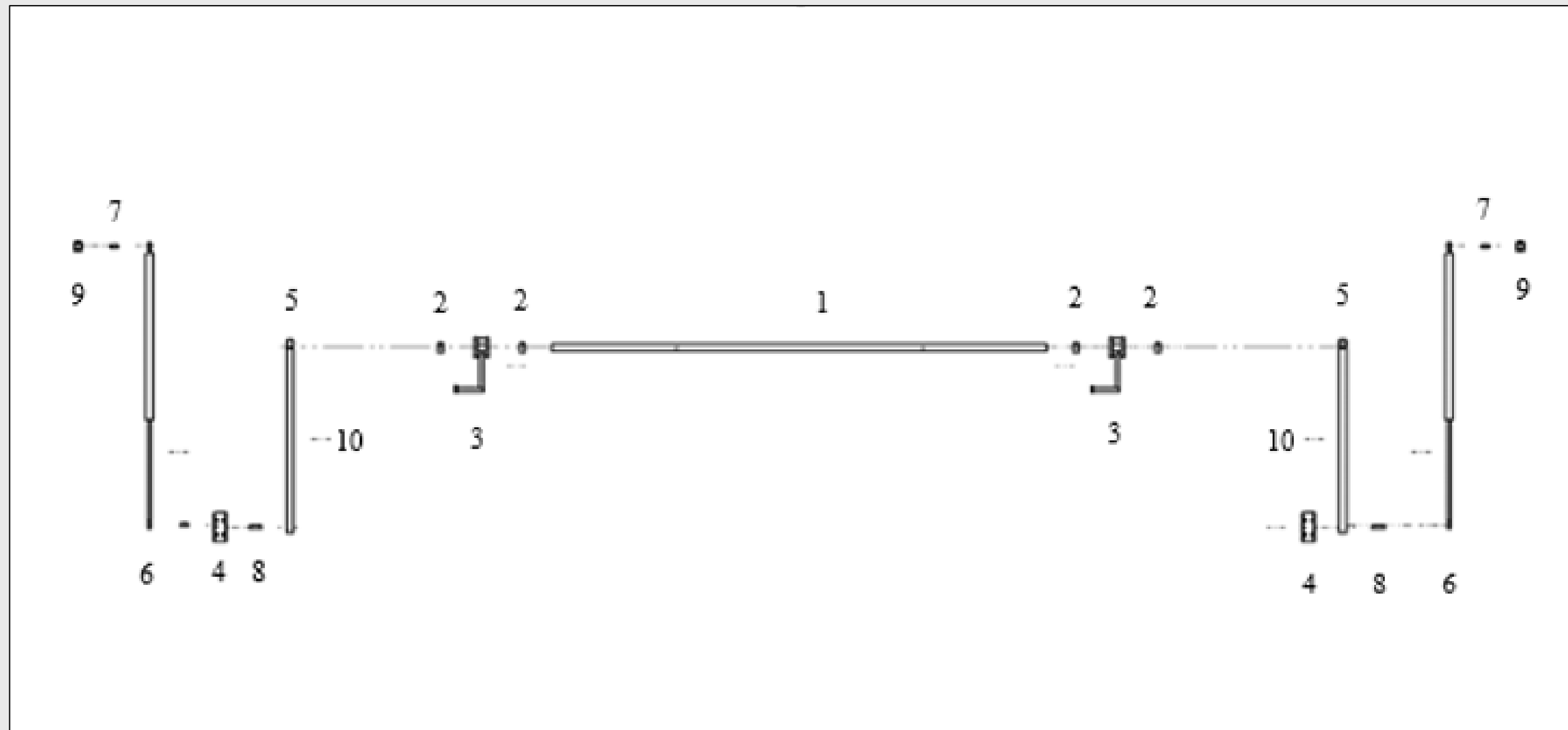
$$\Leftrightarrow E = 7,14 \times 10^{-4} \text{ m}$$

Apesar dos dois valores obtidos, foi selecionado 2 mm por ser o pior caso e ser uma opção disponível no mercado.

Vista de Conjunto

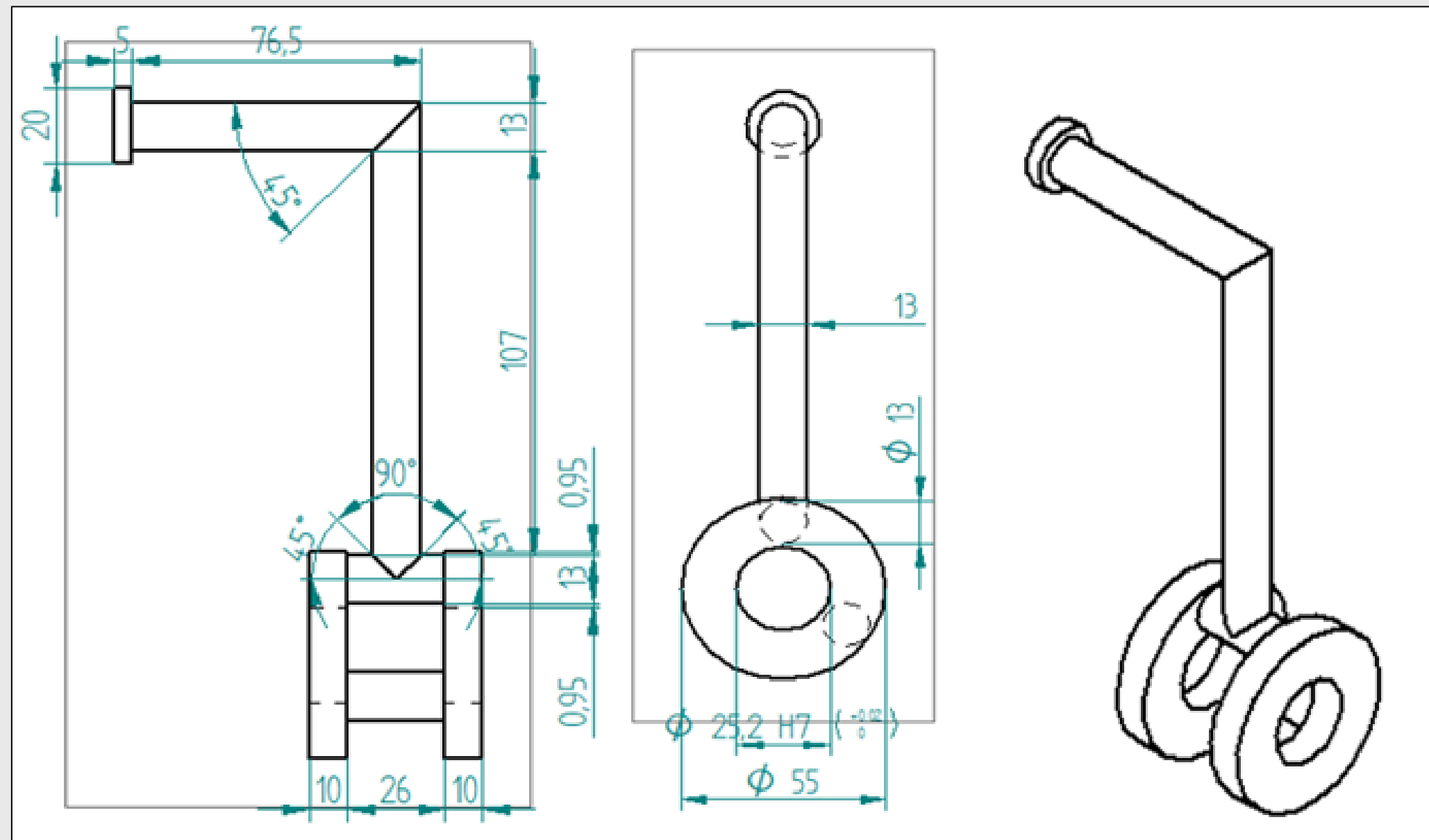


Vista Explodida



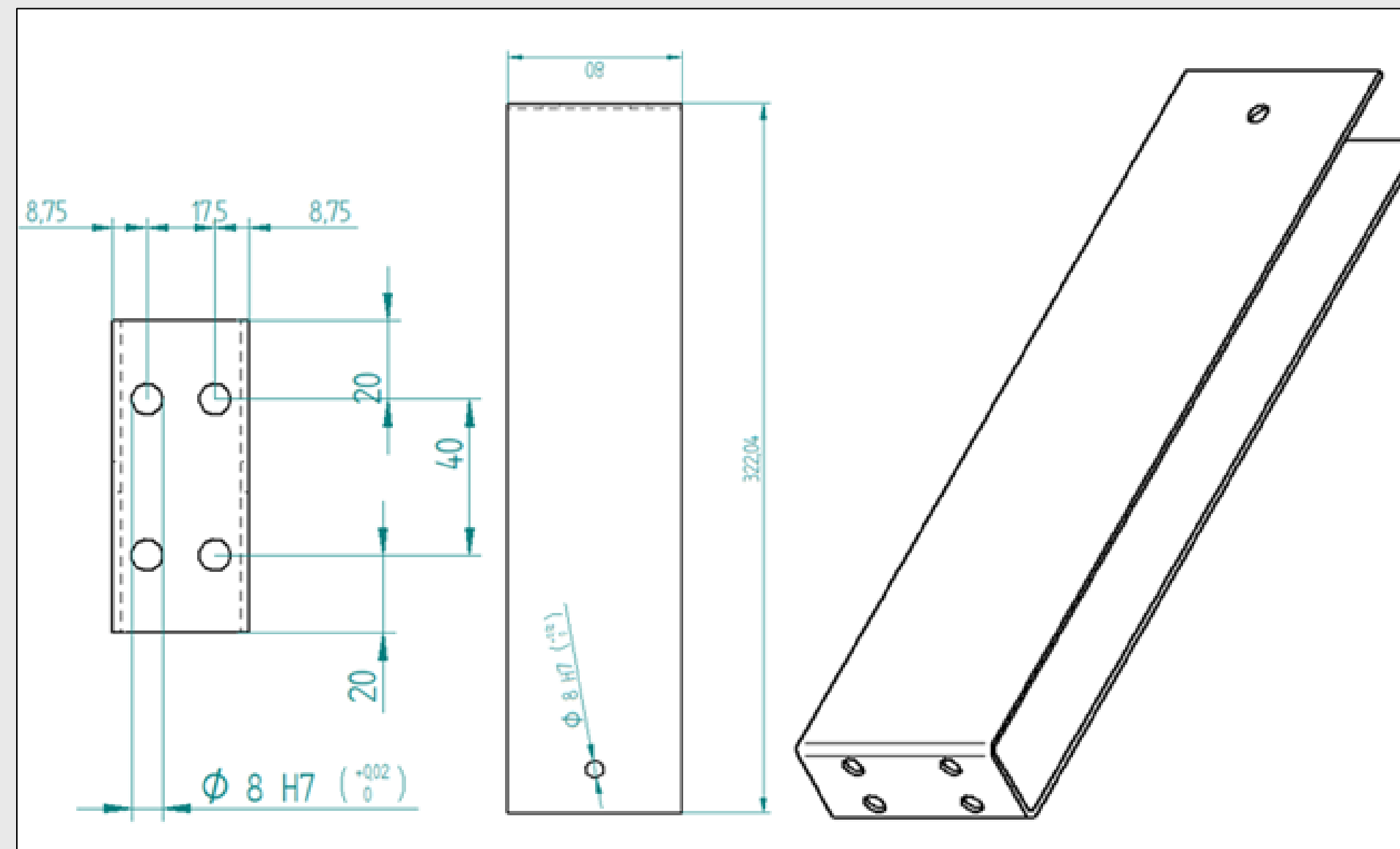
Desenho da Garra

Desenho de componentes não normalizados



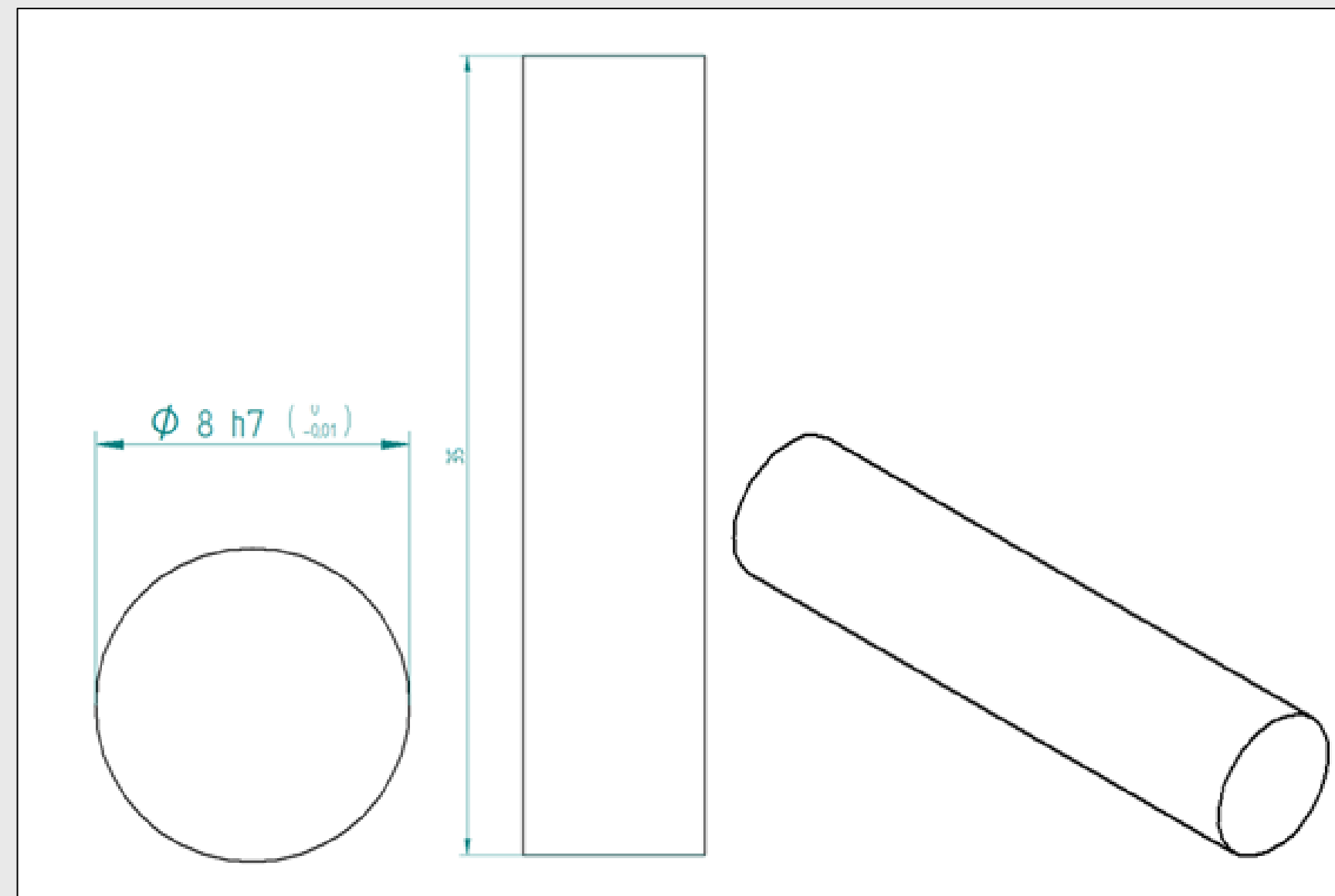
Desenho dos Chapas

Desenho de componentes não normalizados

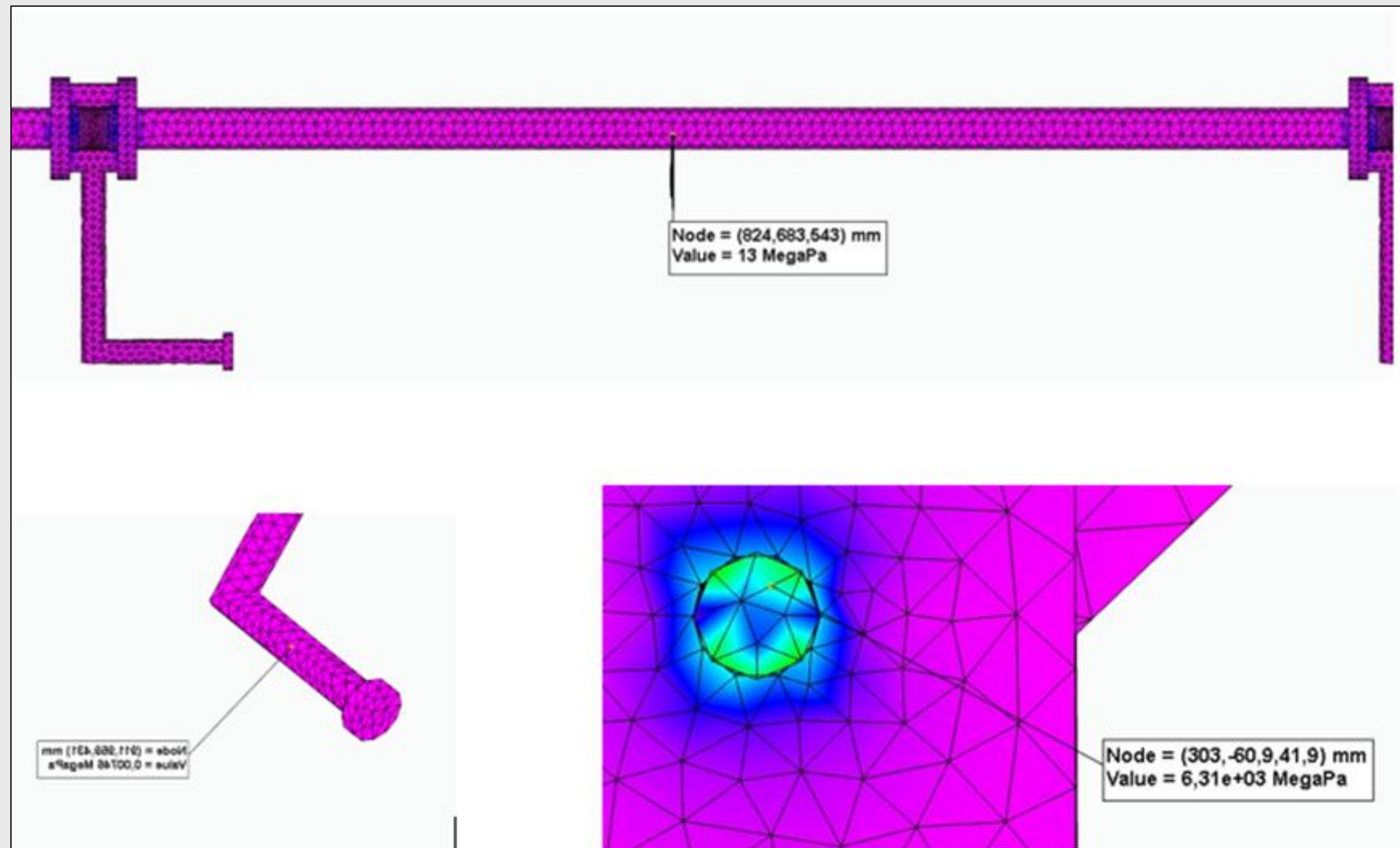


Desenho dos Pinos

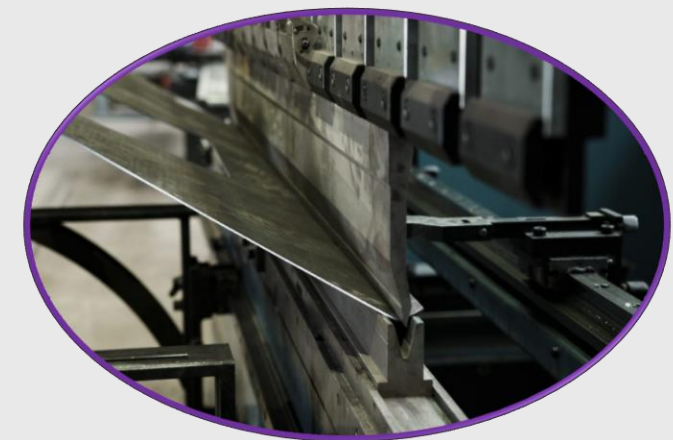
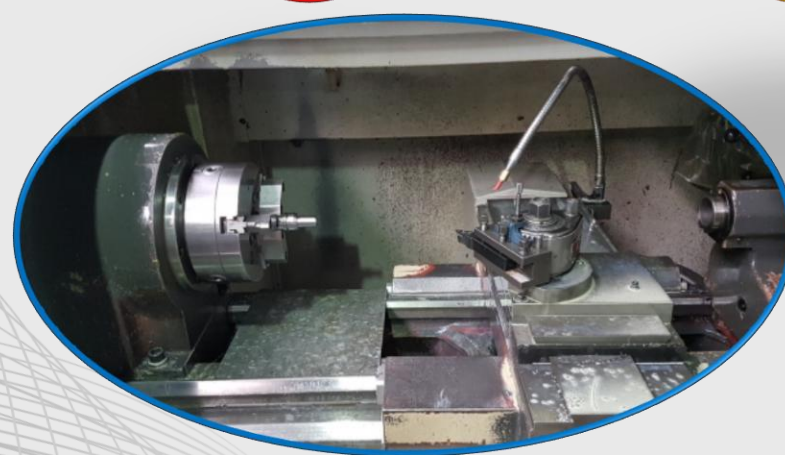
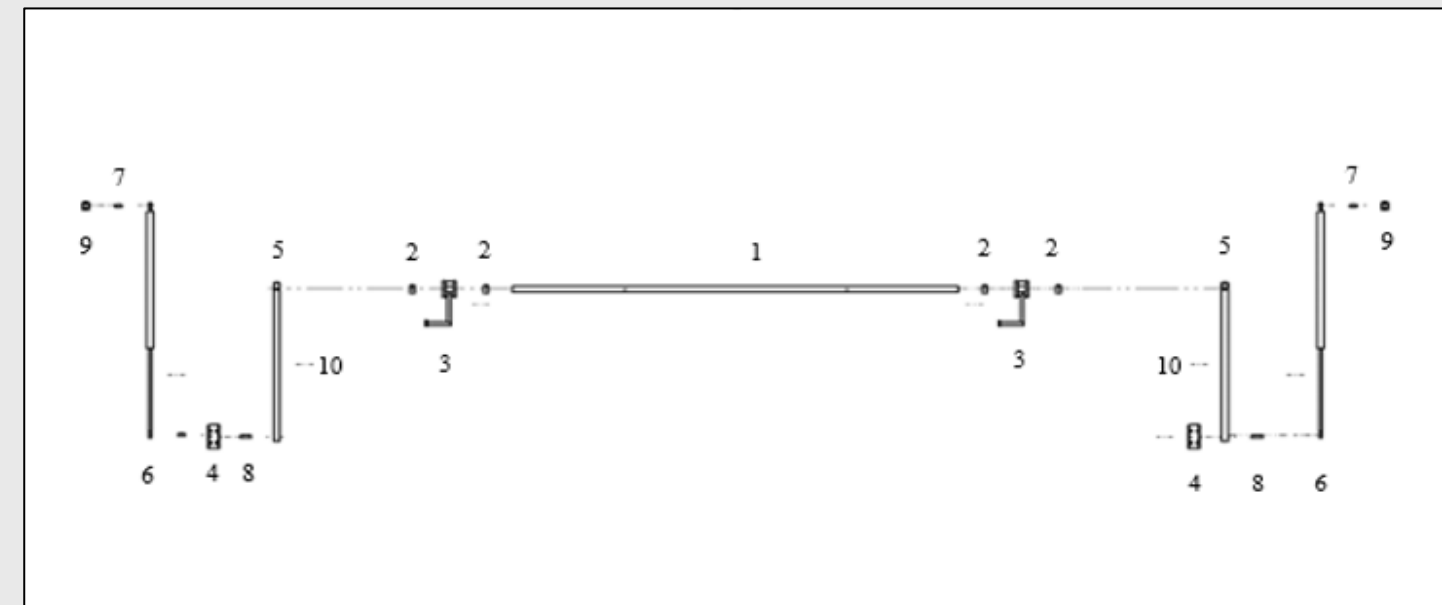
Desenho de componentes não normalizados



Simulações



Tecnologias de fabrico e processos associados



Conclusão

- Objetivos vs realidade
- Possibilidade de construção
- Melhorias futuras
 - Pinos em Aço ST52
- Demonstração do Protótipo (Miniatura)
- Conclusões





Agradecimentos e Questões?